



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACION ELÉCTRICA EN BAJA TENSION CON
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UN TRUJAL DE
ACEITE

Javier Aguirre Muniain

José Javier Crespo

Pamplona, 30/04/2014



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACION ELÉCTRICA EN BAJA TENSION CON
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UN TRUJAL DE
ACEITE

MEMORIA

Javier Aguirre Muniain

José Javier Crespo

Pamplona, 30/04/2013



1.1. INTRODUCCIÓN	3
1.1.1. Objeto	3
1.1.2. Situación	3
1.1.3. Descripción de la parcela y la nave	3
1.1.4. Previsión de cargas	4
1.1.5. Suministro de energía	5
1.1.6. Distribución de los cuadros	5
1.1.7. Normativa	5
1.2. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN	7
1.3. ILUMINACIÓN	13
1.3.1. Introducción	13
1.3.2. Conceptos luminotécnicos	13
1.3.3. Tipos de lámparas	14
1.3.4. Proceso de cálculo	16
1.3.5. Alumbrado interior	17
1.3.6. Alumbrado exterior	18
1.3.7. Alumbrados de emergencia y señalización	18
1.4. DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE LA INSTALACIÓN	22
1.4.1. Introducción	22
1.4.2. Prescripciones generales	22
1.4.2.1. Conductores activos	22
1.4.2.2. Conductores de protección	22
1.4.2.3. Subdivisión de las instalaciones	23
1.4.2.4. Equilibrado de cargas	23
1.4.3. Sistemas de canalización	23
1.4.3.1. Canalizaciones	23
1.4.3.2. Tubos protectores	24
1.4.4. Receptores	26
1.4.4.1. Introducción	26
1.4.4.2. Motores	26
1.4.4.3. Receptores para alumbrado	27
1.4.4.4. Receptores para aparatos de caldeo	27
1.4.5. Tomas de corriente	27
1.4.5.1. Introducción	27
1.4.5.2. Tipos de tomas de corriente	28
1.4.5.3. Situación y número de tomas de corriente	28
1.4.6. Interruptores y contactores	28
1.4.7. Cálculos de las intensidades de línea	29
1.4.8. Cálculo de los conductores de baja tensión	30
1.4.9. Soluciones adoptadas	32
1.4.9.1. Conductores	32
1.4.9.2. Canalizaciones	33
1.5. PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN	34
1.5.1. Clasificación de las protecciones	34
1.5.2. Conceptos básicos	34
1.5.3. Protección de la instalación	36
1.5.3.1. Protección contra sobrecargas	36
1.5.3.2. Protección contra cortocircuitos	37



1.5.4. Cálculo de las impedancias	38
1.5.5. Cálculo de las intensidades de cortocircuito	40
1.5.6. Cálculo del tiempo máximo que el conductor aguanta la intensidad de cortocircuito final	41
1.5.7. Protección de las personas	42
1.5.7.1. Protección contra contactos directos	43
1.5.7.2. Protección contra contactos indirectos	43
1.5.8. Solución adoptada	44
1.5.8.1. Protecciones	44
1.6. PUESTAS A TIERRA	45
1.6.1. Objeto	45
1.6.2. Definición	45
1.6.3. Partes de la puesta a tierra	45
1.6.3.1. Electrodo	46
1.6.3.2. Línea de enlace con tierra	46
1.6.3.3. Punto de puesta a tierra	47
1.6.3.4. Conductores de protección	47
1.6.4. El terreno	47
1.6.5. Resistencia de las tomas de tierra	48
1.6.6. Elementos a conectar a la toma de tierra	48
1.6.7. Revisión de las tomas de tierra	49
1.7. POTENCIA A COMPENSAR	50
1.8. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	54
1.8.1. Introducción	54
1.8.2. Reglamentación y disposiciones oficiales	54
1.8.3. Tipos de centros de transformación	54
1.8.4. Emplazamiento del centro de transformación	55
1.8.5. Características del centro de transformación	55
1.8.5.1. Local	55
1.8.5.2. Características constructivas	55
1.8.6. Instalación eléctrica	58
1.8.6.1. Introducción	58
1.8.6.2. Características de la red de alimentación	58
1.8.6.3. Características de la aparamenta de media tensión	58
1.8.6.4. Características descriptivas de las celdas de media tensión	60
1.8.6.5. Características del transformador	62
1.8.6.6. Cuadro auxiliar del centro de transformación	63
1.8.7. Instalación de puesta a tierra	63
1.8.8. Instancias	64
1.8.9. Aparatos de media tensión	65
1.8.10. Aislamiento	65
1.8.11. Instalaciones auxiliares del centro de transformación	65
1.9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	66



1.1. INTRODUCCIÓN

1.1.1. Objeto

El presente Proyecto tiene por objeto el cálculo y descripción de la instalación eléctrica, tanto de la iluminación como de las necesidades de tomas de potencia para las actividades varias que se prevén desarrollarse.

La instalación eléctrica estará formada por:

- Centro de transformación de media a baja tensión.
- Instalación de alumbrado interior, exterior, de emergencia y señalización.
- Instalación de fuerza y tomas de corriente.
- Protección eléctrica de las diferentes líneas que alimentan a las instalaciones.
- Puestas a tierra, tanto del centro de transformación como de la instalación eléctrica de la nave.
- Corrección del factor de potencia, por medio de baterías de condensadores automáticas, de la instalación eléctrica de la nave.

Para la redacción del proyecto se ha tenido en cuenta:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. RBT.
- Instrucciones Técnicas complementarias y las hojas de interpretación.
- Real Decreto 842/2002 del 2 de agosto del 2002.

1.1.2. Situación

La situación de la Nave industrial en proyecto se ubica en la parcela 1654 polígono 5 del municipio de San Martín de Unx (Navarra), con una superficie de 81.276,24 metros cuadrados.

Se adjunta plano de situación y emplazamiento

1.1.3. Descripción de la parcela y la nave

La parcela donde se encuentra la nave tiene una superficie útil de 81.276,24 m², de los cuales 7465 están construidos y de estos 7465, 2394 m² están destinados a la superficie que ocupa la nave industrial, y esta queda distribuida de la siguiente manera:

Almacén: 303 m²

Almacén de huesos: 35 m²



Sala de calderas: 49 m²

Sala de recepción: 418 m²

Oficinas de producción:

- Pesaje 13 m²
- Baño-vestuarios 16 m²
- pasillo 13 m²
- laboratorio 35m²

Sala de depósitos: 385 m²

Embotellado: 130 m²

Almacén expedición: 260 m²

Molurado: 297 m²

Oficinas:

- Baño tienda 10.7 m²
- Recepcion: 34,4
- Tienda: 69.4 m²
- Comedor: 65.1 m²
- Despacho: 20,3 m²
- Baño x2: 8.4 m²
- Pasillos: 21.2 m²
- Sala reunión: 53 m²

Como se puede observar en los planos, la nave tiene una planta rectangular de 42 metros de ancho y 57 metros de longitud, y los vestuarios, oficina y parking se encuentran fuera de la misma.

En la zona exterior también encontramos el centro de transformación prefabricado PFU-4 de Ormazábal, que tiene una superficie de 10.6 m², y el aparcamiento destinado a los empleados, clientes y posibles visitas.

Distribución de alturas

- La altura de la nave es de 11.8 m en cumbrera y 8 m hasta el comienzo de la cubierta.
- La altura desde el suelo hasta el techo en la oficina y vestuarios es de 2,2 y 2,85 m. (ya que el techo es en ángulo).

1.1.4. Previsión de cargas

OFICINAS Y TIENDA	10738 W
LABO+OFI+VEST	712 W
SALA CALD+ HUESO	864 W
EMER PLA PRIM	210 W



T.C. OFI NAVE	1235 W
ALUM. EXTE. DECOR	1200 W
ALUM. ZONA 1	630 W
ALUM. ZONA 2	630 W
Subcua. NAVE 2	66590 W
AIRE ACONDICIONA	10000 W
SALA RECEPCIÓN	40000 W
MOTURADO 1	90000 W
MOTURADO 2	90000 W
LIN FUE SALA RECEP	24000 W
A1 SR	1600 W
A2 SR	1200 W
EMER SALA RECEPC	330 W
A1 M	1200 W
A2 M	1200 W
EMER MOTURADO	150 W
LIN FUE SALA MOLTU	16000 W
TOTAL....	358489 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 24794
- Potencia Instalada Fuerza (W): 333695
- Potencia Máxima Admisible (W): 266035.22

1.1.5. Suministro de energía

La empresa encargada del suministro de energía eléctrica será IBERDROLA a una tensión de 13,2 KV y a una frecuencia de 50 Hz. El suministro se realizará desde centro de transformación propio.

1.1.6. Distribución de los cuadros

La instalación eléctrica de la nave se compone de un cuadro general de distribución y de 5 cuadros secundarios:

- El cuadro general de distribución se sitúa en la zona de trabajo, en la sala de recepción (véase en los planos), del cual salen las líneas a los 2 cuadros secundarios, además de otras líneas que van directas a sus receptores por cercanía.
- Cuadro secundario 1: Situado en la zona de depositos. Contiene los elementos de protección de las líneas que alimentan al almacén, sala de depósitos y expedición, lo que he llamado zona 2.



- Cuadro secundario 2: Situado en la zona de trabajo, pero justo a la entrada de las oficinas. Contiene los elementos de protección de las líneas que alimentan a todos los elementos de las oficinas, y tienda, tanto el alumbrado de todo, la fuerza y todo lo referido a medidas correctoras.

1.1.7. Normativa

La realización de este proyecto, así como su redacción y ejecución del mismo, se efectuarán de acuerdo con las normas y reglamentos vigentes:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002.
- Normas UNE y recomendaciones de UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de la empresa suministradora de energía eléctrica, que en este caso es IBERDROLA.
- Código Técnico de la Edificación. Ley 38/1999 de 5 de Noviembre.
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Ley 31/1995 de 8 de Noviembre.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Real Decreto 3275/82, de 12 de Noviembre de 1982.
- Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales. Real Decreto 2267/2004 de 3 de Diciembre.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.



1.2. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN

En este apartado analizaremos las alternativas más importantes que afectar a la seguridad de la actividad y de las personas así como su viabilidad técnica y económica. El fin que se busca es la mayor fiabilidad posible de la instalación al mejor precio.

El esquema de conexión nos va a determinar las medidas de protección de nuestra red.

Estos equipos de protección nos cubrirán frente a sobretensiones, frente a sobreintensidades y frente a fugas a tierra.

Los esquemas de conexión se definen en función de cómo está puesta a tierra la red de alimentación y de cómo están puestas a tierra las masas de los receptores. Se designan por 2 o 3 letras:

- La primera letra indica cómo está nuestra alimentación respecto a tierra:
 - T; La red de alimentación tiene el neutro conectado directamente a tierra.
 - I; La red de alimentación tiene el neutro aislado o lo tiene conectado a tierra a través de una impedancia.
- La segunda letra indica cómo están conectadas las masas receptoras:
 - T; Las masas están conectadas directamente a tierra.

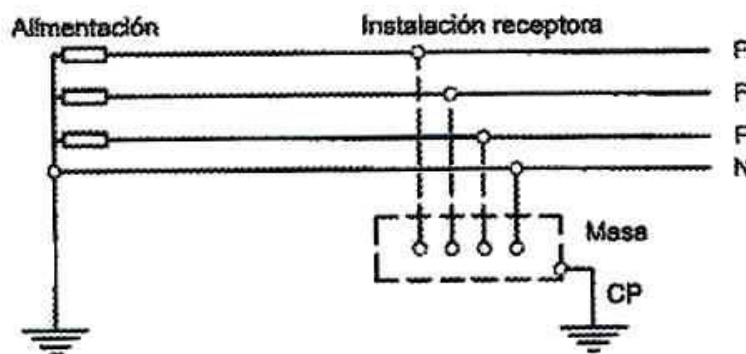


- N; Las masas de los receptores están conectadas directamente a un punto de la alimentación (neutro o conductor de protección) que está conectado a tierra.
- La tercera letra se refiere a como se encuentran el conductor de neutro y el de protección:
 - S; Son conductores independientes
 - C; Son el mismo conductor, es decir, cumple las dos funciones.

Analizaremos las distintas conexiones que hay y escogeremos la que más nos convenga para nuestra instalación según las características técnicas y económicas. No obstante deberemos tener en cuenta los siguientes principios:

- a) Las redes de distribución pública de baja tensión tienen un punto puesto directamente a tierra por prescripción reglamentaria. Este punto es el punto neutro de la red. El esquema de distribución para instalaciones receptoras alimentadas directamente de una red de distribución pública de baja tensión es el esquema TT.
- b) En instalaciones alimentadas en baja tensión, a partir de un centro de transformación de abonado, se podrá elegir cualquiera de los tres esquemas citados.
- c) No obstante, puede establecerse un esquema IT en parte o partes de una instalación alimentada directamente de una red de distribución pública mediante el uso de transformadores adecuados, en cuyo secundario y en la parte de la instalación afectada se establezcan las disposiciones que para ese esquema se deben dar.

1.1.1. Esquema TT



Como se observa, la alimentación y las masas están puestas directamente a tierra. Esta conexión hace que ante un defecto la tensión de contacto que sufriría una persona depende de la resistencia de puesta a tierra de la masa:

$$U_c = I_d \cdot R_m$$

$$I_d = \frac{U_0}{R_a + R_m}$$

U_c : Tensión de contacto

I_d : Corriente de defecto

U_0 : Tensión nominal

R_a : Resistencia de la tierra de alimentación

R_m : Resistencia de la tierra de las masas

En el comienzo de la instalación es necesario colocar al menos un Interruptor Diferencial para que haga interrumpir la alimentación cuando la corriente de defecto sea tal que haga que la tensión de contacto sea peligrosa para las personas.

Se necesita el Interruptor Diferencial porque los magnetotérmicos que podamos tener protegen para no sobrepasar una corriente máxima y la corriente de defecto es muy inferior a ésta corriente máxima. El empleo de más de un Interruptor Diferencial permite poder ajustar una selectividad amperimétrica y cronométrica. Todos los Diferenciales tendrán un margen de corriente inferior a la que haga establecerse una tensión de contacto peligrosa. Además, tendrán por norma, un tiempo de corte inferior a 1 segundo.

1.1.2. Esquema IT

En el esquema IT el neutro se puede encontrar aislado de la tierra o conectado por medio de una impedancia de gran valor, por encima de los 2 K Ω . Las masas siempre tendrán una conexión a tierra directa.

1.1.2.1. Aislado

Este es el esquema que ofrece una mayor continuidad de servicio, ya que corta el suministro al segundo defecto, a diferencia de los otros sistemas que lo hacen al primero. Esto se debe a que en el primer defecto, la corriente se encuentra con una con un circuito abierto para retornar al transformador, por lo que no lo puede hacer. Así pues, la corriente de defecto no será muy grande y la tensión de contacto tampoco, ya que se regirá por la siguiente fórmula:

$$U_c = I_d * R_m$$

R_m : Resistencia de la tierra de las masas

U_c : Tensión de contacto

I_d : Corriente de defecto

Un segundo punto de defecto lo que provocaría sería una circulación de corriente y por lo tanto deberían saltar las protecciones Diferenciales. Lo que ocurriría es que la corriente pasaría por las dos masas, dándose las siguientes fórmulas:

$$U_c = I_d * R_m$$

$$I_d = \frac{U_0}{2R_m}$$

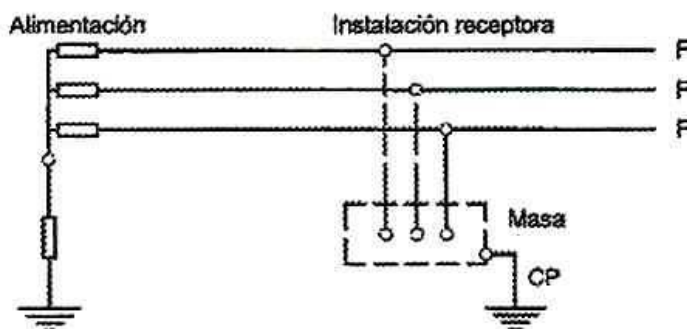
R_m : Resistencia de la tierra de las masas

U_c : Tensión de contacto

I_d : Corriente de defecto

U_0 : Tensión nominal

1.1.2.2. Conectado mediante una impedancia





Como se observa, la conexión de las masas se realiza directamente a tierra, mientras que la del neutro se establece a través de una impedancia de valor superior a los 2 K Ω .

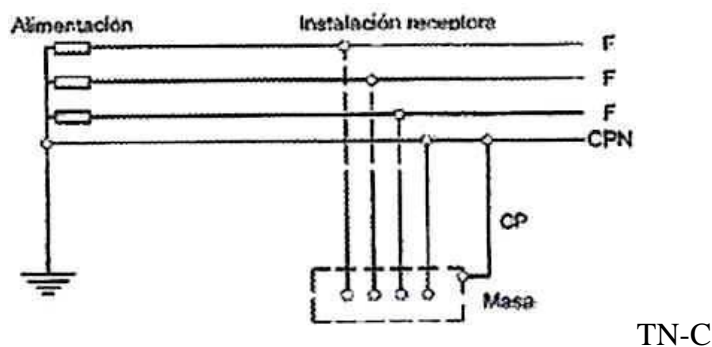
En este caso también se ofrece una gran continuidad del suministro, ya que al producirse el primer defecto, la corriente cuando va a retornar al transformador se encuentra con una resistencia muy grande, por lo que hace que no circule mucha corriente. No obstante, la corriente que circula es mayor que para el caso del neutro aislado, por lo que la tensión de contacto también lo será. Esta impedancia se elegirá de tal forma que la tensión de contacto nunca llegue a ser peligrosa.

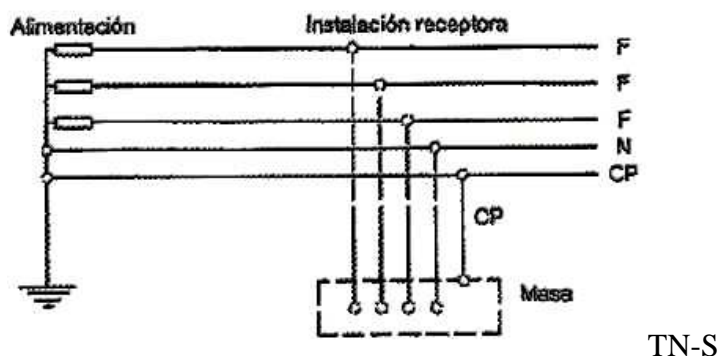
Para ambos casos, cuando se produzca un primer defecto, un medidor de aislamiento que monitoriza constantemente la instalación, hará sonar una alarma que nos informará de dicho fallo. En cuanto se produce esta alarma se realizará una búsqueda del defecto mediante un localizador de defectos para intentar solventar el problema antes de que se produzca un segundo fallo y sea peligroso.

En este tipo de sistemas se requiere una puesta a tierra totalmente independiente al de otras instalaciones, ya que de lo contrario, la corriente de defecto podría regresar al transformador y provocar que el primer defecto sea verdaderamente peligroso. Igualmente, las masas metálicas no deben estar conectadas a otras de instalaciones diferentes.

Este tipo de esquemas suele ser utilizado en lugares donde no se pueda interrumpir el suministro como pueden ser quirófanos y actividades industriales especiales.

1.1.3. Esquema TN (TN-C y TN-S)





Como se puede observar en los dibujos, la diferencia entre el TN-C y el TN-S es si hay o no conductor de protección, pero a la hora de los cálculos y fórmulas es lo mismo:

$$U_c = I_d * R_{CP \text{ o } N}$$

$$I_d = \frac{U_0}{R_{fd} + R_{mm} + R_{CP \text{ o } N}}$$

U_c : Tensión de contacto

I_d : Corriente de defecto

U_0 : Tensión nominal

$R_{CP \text{ o } N}$: Resistencia del conductor de protección o del neutro, dependiendo del esquema.

R_{fd} : Resistencia de la fase de defecto.

R_{mm} : Resistencia de la masa metálica.

Para que las masas de la instalación receptora puedan estar conectadas a neutro como medida de protección contra contactos indirectos, la red de alimentación debe cumplir las siguientes prescripciones especiales:

- La sección del conductor neutro debe, en todo su recorrido, ser como mínimo igual a la establecida en la tabla 1 de la ITC-REBT 08, que depende de la sección de los conductores de fase.
- En las líneas aéreas, el conductor neutro se tenderá con las mismas precauciones que los conductores de fase.
- Además de las puestas a tierra de los neutros señaladas en las ITCs-REBT 06 y 07, para las líneas principales y derivaciones, serán puestas a tierra igualmente en los extremos de éstas cuando la longitud de las mismas sea superior a 200 m.



- d) La resistencia de tierra del neutro no será superior a 5Ω en las proximidades de la central generadora o del Centro de Transformación, así como en los 200 últimos metros de cualquier derivación de la red.
- e) La resistencia global de tierra, de todas las tomas de tierra del neutro, no será superior a 2Ω .
- f) En el esquema TN-C, las masas de las instalaciones receptoras deberán conectarse al conductor neutro mediante conductores de protección.

ESQUEMA ELEGIDO:

El esquema utilizado en el presente proyecto es el TT. Se elige este esquema debido a que es el más común y además IBERDROLA, que en este caso es la compañía suministradora, obliga en sus redes de distribución en baja tensión este esquema.

La solución más segura sería la de colocar un esquema IT. Pero debido a los problemas que presenta a la hora de realizar un cambio o aumento de la instalación, se rechaza este esquema.

El esquema TN se omite ya que es muy parecido al TT y este es más utilizado.

1.3. ILUMINACIÓN

1.3.1. Introducción

Para la realización de la actividad en la empresa hace falta una correcta iluminación. En función de cada zona se utilizará un tipo de iluminación u otro para realizar la actividad lo más cómodamente posible. Para la elección de las luminarias de cada zona se procede a describir los siguientes conceptos luminotécnicos.



1.3.2. Conceptos luminotécnicos

- Flujo luminoso: Es la energía luminosa emitida por unidad de tiempo. Su unidad es el lumen. Es el flujo que emite una lámpara y se utiliza para la comparación entre lámparas.
- Intensidad luminosa: Es el flujo luminoso emitido en una dirección dada por unidad de ángulo sólido. Su unidad es la candela.
- Iluminancia: Es el flujo luminoso recibido por unidad de superficie. Su unidad es el lux.
- Luminancia: Es la intensidad luminosa en una dirección dada por unidad de superficie aparente iluminada.
- Flujo radiante: Es la potencia emitida, transportada o recibida en forma de radiación. Su unidad es el vatio.

Tipos de espectros:

- Continuo: No existe intermitencia, siempre ilumina.
- En línea: Tienen unas emisiones no continuas. Hay momentos en los que no hay emisiones de luz.
- Mixto: Combina las dos anteriores.

Leyes de la fotometría:

- Ley inversa del cuadrado de la distancia: Se hace con el luxómetro.
- Ley del coseno del ángulo de incidencia.
- Ley del coseno cubo.

Tipos de transmisión:

- Dirigida: Cambia el ángulo pero no se difumina el rayo.
- Difusa: Se produce en los vidrios opales.

- Semidirigida: Mas porcentaje de dirigida que de difusa.
- Semidifusa: Mas porcentaje de difusa que de dirigida.

Tipos de reflexiones:

- Regular: El material refleja toda la luz que le llega.
- Difusa: Se refleja la luz de forma difusa.
- Mixta: No es del todo regular ni difusa.

Rendimiento de color:

Nos dice cómo cambia el color del cuerpo en función de la fuente que lo ilumina. Viene dado por un valor de 0 a 100. El color verdadero es aquel que le incide la luz solar.

1.3.3. Tipos de lámparas

Lámparas de incandescencia:

- Estándar: Se tiene un filamento de wolframio por el que pasa intensidad. Se calienta y produce una emisión de luz al ponerse incandescente. Para que el wolframio no se evapore se introduce en la ampolla gas argón al 90% y nitrógeno al 10%. Tienen baja eficiencia.



- Halógenas: Igual que la anterior pero en la ampolla se le introducen halógenos como yodo o cromo. La T^a aumenta mucho más y la ampolla es de cuarzo. Se aumenta la vida útil y el rendimiento.



- Especiales: Son lámparas estándar, pero para uso específico.

Lámparas de descarga:

Son posteriores a las incandescentes. Se libera energía electromagnética gracias al choque entre electrones de los átomos de gas que hay dentro del tubo de descarga. Tipos:

- Fluorescentes: La radiación es ultravioleta y se hace visible gracias al polvo fluorescente que hay en su interior. La eficacia es de 40-100 lm/W. Duración de 6000-9000 h. Sus partes fundamentales son el tubo de descarga, los electrodos, el casquillo de conexión, el gas de relleno y los polvos fluorescentes.



- Lámparas de descarga de vapor de mercurio: La radiación la dan los átomos de mercurio. Tiene las mismas partes que la anterior. Al tener mercurio la luz es blanca. La eficacia es de 30-95 lm/W y su vida es de 6000-9000 h.



- Lámparas de descarga de vapor de sodio: Lleva átomos de sodio y el color es más amarillento. Los tipos de casquillo son de bayoneta y de rosca uno a baja presión y otro a alta.



- Especiales: Son para utilizaciones puntuales como lámparas de solárium, ozono, luz negra, etc...



1.3.4. Proceso de cálculo

a) Iluminancias puntuales: Para cada punto del local se ven los lux que se tienen. Para esto solo existen los programas informáticos. En el presente proyecto de utiliza el programa DIALUX.

b) Método de los lúmenes: Se utiliza para el cálculo a mano. Se utiliza para hacer un precálculo antes de meter al programa. Los pasos son:

- Determinación de nivel de iluminación.
- Selección del tipo de alumbrado y conjunto lámpara-luminaria.
- Cálculo de los coeficientes de utilización y conservación.
- Cálculo del flujo luminoso total necesario.
- Determinación del número total de lámparas.
- N° de luminarias.
- Emplazamiento de las luminarias.

1.3.5. Alumbrado interior



Las luminarias utilizadas en cada zona son:

ZONAS 1 Y 2:

La iluminación general de las naves se realiza a través de focos de halogenuros metálicos de 250 y 400 W, en función de la altura de la cubierta. En las zonas en las que la cubierta tiene una altura superior a los 6'5m la potencia de las lámparas será de 400W, y en el caso contrario será de 250W, tal y como reflejan el plano nº2. En la zona de oficinas del producto se ilumina de la siguiente manera, en el laboratorio y en el vestuario se emplearán luminarias estancas fluorescentes de 2X58 W y protección IP-65; en la oficina, sala de caldera y sala de hueso, se emplearán luminarias empotradas fluorescentes de 4x18 w, IP-20; en los aseos se utilizarán casquillos de rosca E-27 y por último en el pasillo se emplearán focos halógenos de 50 W.

OFICINAS:

En zona de pública concurrencia dedicada a tienda y recepción la iluminación se realizará mediante lámparas tipo Downlight 2X32w y lámparas con aplique interior de 100w mientras que los aseos se colocarán puntos de casquillo rosca E-27

En la zona del personal de oficinas se ubican una sala de reuniones, un despacho, una cocina, un comedor y dos aseo. La iluminación de la sala de reuniones, del despacho y del comedor se realizará a base de luminarias empotrables fluorescentes de 4X18 w y protección IP-20. Y al igual que en planta baja, en el aseo se colocarán puntos de casquillo rosca E-27, y en el distribuidor se colocará una Downlight 2x32w. La cocina se iluminara mediante luminarias fluorescentes estancas de 2x58 w, IP-65.

Para realizar los cálculos se introducen en el programa los siguientes datos:

- Nivel de luxes recomendados según la norma UNE 12464.1 para la actividad a desarrollar.
- Dimensiones de la zona a iluminar.
- Elección del tipo de luminaria y lámpara con sus características. Se utiliza el catálogo de PHILIPS.

Con estos datos el programa realiza los cálculos y propone una solución, en la cual expone el número de luxes que hay en toda la superficie de la zona a estudio a la altura del plano útil, el número de luminarias a colocar, el lugar de colocación de éstas en el plano... el programa permite hacer ajustes sobre estas cuestiones. En este caso se han elegido las luminarias y el número de éstas que aparecen en la tabla anterior y su colocación aparece detallada en los planos de iluminación.



1.3.6. Alumbrado exterior

El exterior presenta dos tipos de iluminación: una iluminación decorativa para la fachada principal realizada mediante focos halógenos de 400 W, y una industrial, para el resto de las fachadas, realizada mediante báculos de vapor de sodio de 70 W.

1.3.7. Alumbraos de emergencia y señalización

Según la ITC-BT-28, el objeto de la luz de emergencia es el de asegurar, en caso de fallo de la alimentación normal, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas, para una eventual evacuación del público o iluminar otros puntos que se señalen. Hay varios tipos de alumbrado de emergencia:

- Alumbrado de reemplazamiento: Permite la continuidad de la actividad que se esté realizando.
- Alumbrado de seguridad: Para garantizar la evacuación de los locales. Funciona cuando la tensión nominal de la luminaria baja del 70%. Tendrá que dar en el suelo 1 lux durante una hora.
- Alumbrado de ambiente o antipánico: Tiene que haber 0,5 lux en el suelo y a 1 m de altura.
- Alumbrado de zonas de alto riesgo: Garantizará 15 luxes o el 10% de los lux del alumbrado normal.

Según la ITC-BT-28, los lugares donde se instalará alumbrado de emergencia son:

- Todos los recintos cuya ocupación sea mayor que 100 personas.
- Los recorridos generales de evacuación de zonas destinadas a uso residencial o uso hospitalario, y los de zonas destinadas a cualquier uso que estén previstos para la evacuación de más de 100 personas.
- En pasillos, escaleras y escaleras de incendios.
- Los aparcamientos de más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- Los locales de riesgo especial y los aseos generales de planta en edificios de acceso público.



- Los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas.

Como regla para el cálculo y ubicación de las lámparas de emergencia se determina que:

- La iluminancia mínima será de 5 lux.
- El flujo mínimo será de 30 lúmenes.
- La separación mínima será de h, siendo h la altura de ubicación comprendida entre 2 y 2.5 metros.

Criterio de ubicación de las lámparas de emergencia:

- En todas las puertas de las salidas de emergencia.
- Cerca de las escaleras para que todos los escalones queden iluminados.
- En los cambios de nivel.
- En cambios de dirección.
- En intersecciones del pasillo con las rutas de evacuación.
- En los aseos y servicios.
- Para iluminar todas las salidas obligatorias y señales de seguridad.
- En el exterior de los edificios junto a las salidas.
- Etc...

El alumbrado de emergencia se puede clasificar en función de la fuente de alimentación de las luminarias:

- Luminarias autónomas: Se caracterizan porque el suministro de energía eléctrica se efectúa en la propia luminaria o a un metro de distancia de la misma como máximo.
- Luminarias centralizadas: Se caracterizan porque la fuente de suministro de energía eléctrica se emplaza a más de un metro de distancia de las luminarias.

También se pueden clasificar en función del tipo de luminaria utilizada, como:



- Luminarias permanentes: Son luminarias alimentadas con energía eléctrica permanentemente. De manera que se efectúa al unísono un doble alumbramiento, normal y de emergencia.

- Luminarias no permanentes: Son luminarias que solo se activan cuando falla la alimentación del alumbrado normal, es decir, cuando se interrumpe o disminuye por debajo del 70% de su valor nominal.

- Luminarias combinadas: Son luminarias que disponen de dos o más lámparas que permiten alimentar parte de ellas con energía eléctrica para el alumbrado de emergencia y la otra parte conectadas al suministro del alumbrado normal, de manera que parte de las lámparas permanecen encendidas en todo momento mientras hay suministro de energía eléctrica al alumbrado normal, y la otra parte solo se encienden cuando falla dicho suministro eléctrico del alumbrado normal.

SOLUCIÓN ADOPTADA

Las luminarias elegidas son luminarias autónomas no permanentes de la marca Schneider y de su gama Primalum. Se han escogido diferentes aparatos, según los lúmenes que proporcionan,

La colocación de estas en la zona de oficina y vestuarios será a una altura de 2,3 m y se colocarán encima de los marcos de las puertas.

En los planos se adjuntan las medidas correctoras adoptadas.



1.4. DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE LA INSTALACIÓN

1.4.1. Introducción

Las instalaciones interiores son las que se realizan en el interior de edificios. En este proyecto será desde el secundario del transformador hasta la llegada a los receptores.

Se calcularán los distintos conductores teniendo en cuenta 3 criterios. El criterio térmico, el de caída de tensión y el de cortocircuito, para que no sufran calentamientos excesivos y no se supere la caída de tensión establecida en el REBT, que en este caso se tomará desde el cuadro de baja tensión del centro de transformación hasta cada uno de los receptores.

1.4.2. Prescripciones generales

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente el neutro y el cable de protección. Variando los colores de sus aislamientos se hace esta identificación. El neutro se identificará con un color azul claro y al conductor de protección se le identificará por el color amarillo y rayas verdes. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán con los colores marrón o negro. Si es necesario tener 3 fases se añadirá también el color gris.

1.4.2.1. Conductores activos

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados. Debido a que el presente proyecto es una instalación industrial que se alimenta directamente en alta tensión con un transformador propio, la caída de tensión será de 4,5% para receptores de alumbrado y de 6,5% para los demás usos.

En la tabla 19.2 de la ITC-BT-19 se indican las diferentes intensidades admisibles para distintos tipos de instalación de los conductores, agrupamientos y tipos de cables a una temperatura ambiente de 40 °C.

1.4.2.2. Conductores de protección

Los conductores de protección que estén constituidos por el mismo metal que los de fase, tendrán una sección mínima igual a la que se expone en la siguiente tabla:

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm²)
$S \leq 16$	$S(*)$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$



- (*) Con un mínimo de:

- 2,5 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.
- 4 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.

Si los conductores activos van en el interior de una envolvente común, se recomienda incluir dentro de ella también el conductor de protección, y presentará el mismo aislamiento que los conductores de fase. Estos estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico. Las conexiones de los conductores se realizarán por medio de uniones soldadas o por piezas de conexión de apriete por rosca.

1.4.2.3. Subdivisión de las instalaciones

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que se produzcan en un punto solo afecten a ciertas partes de la instalación y no a ella entera.

1.4.2.4. Equilibrado de cargas

Para tener el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores de la instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

1.4.3. Sistemas de canalización

1.4.3.1. Canalizaciones

Las canalizaciones sirven para proteger a los conductores y proporcionan un camino adecuado para la instalación eléctrica. Hoy en día los métodos más utilizados son las bandejas o pasar los conductores a través de tubos.

Cuando las canalizaciones pasen a través de elementos de la construcción como muros, paredes y techos, se realizarán siguiendo prescripciones como:

- Las canalizaciones estarán protegidas contra deterioros mecánicos.
- No habrá empalmes o derivaciones en la longitud del tubo.
- Las superficies de los tubos no deberán tener aristas, etc...



1.4.3.2. Tubos protectores

Los tubos protectores se designan en la ITC-BT-21. Hay varias clases de tubos:

- Sistemas de tubos rígidos.
- Sistemas de tubos curvables.
- Sistemas de tubos flexibles.
- Sistemas de tubos enterrados.

Los tubos deberán poder soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60°C para los tubos aislantes constituidos por PVC.
- 70°C para tubos metálicos aislantes.

El diámetro del tubo protector donde se alojarán los cables se calculará en función del número de conductores que aloja y la sección de estos. Estos se calculan en las tablas de la ITC-BT-21 en función del tipo de instalación.

Para realizar las canalizaciones mediante tubos protectores se tendrán en cuenta las prescripciones siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán con accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente recubriendo el empalme con una cola especial cuando la unión que se necesite sea estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores de los tubos después de colocarlos y fijarlos disponiendo para ello registros, que en tramos rectos no estarán separados



más de 15 m. El número de curvas en ángulo situados entre dos registros consecutivos no será superior a 3.

- Los registros se destinarán solo a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos y al mismo tiempo servir como cajas de empalme o derivación.

- Nunca se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que se utilizarán bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión.

- La conexión entre conductores se hará en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama.

- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones por agua en su interior por lo que se elegirá convenientemente su trazado y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado.

- Los tubos metálicos que sean accesibles se conectarán a tierra.

- Los tubos metálicos no se utilizarán como conductores de protección o de neutro.

- Para la colocación de los conductores se seguirá la ITC-BT-20.

Cuando los tubos protectores se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones generales:

- Los tubos se fijarán en las paredes o techos con bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente fijadas. La distancia máxima entre estas será como máximo de 50 cm.

- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan.

- Es conveniente disponer los tubos a una altura mínima de 2,5 m sobre el suelo con el fin de evitar daños mecánicos.

- En los cruces de los tubos rígidos con las juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando separados entre sí los extremos 5 cm aproximadamente y empalmándose posteriormente.

Cuando los tubos se coloquen en montaje fijo empotrado se seguirán las siguientes prescripciones:

- Al instalar los tubos en el interior de los elementos de la construcción las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en las que se practican.

- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.



- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien previstos de codos o “T” apropiados, pero en este último caso solo se permitirán provistos de tapa de registros.

- Las tapas de registros y las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra.

Cuando los conductores estén montados al aire, solamente está permitido su uso para máquinas de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. La longitud de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no comenzará a una altura inferior a 2 metros.

Para el cálculo del diámetro, y distribución de los tubos protectores utilizados en el presente proyecto para distribuir las líneas a lo largo de la nave, se tendrá en cuenta lo expuesto anteriormente así como como lo expuesto en la ITC-BT-21.

1.4.4. Receptores

1.4.4.1. Introducción

Los receptores se instalarán se acuerdo con su destino (local, utilización etc...), teniendo en cuenta los esfuerzos mecánicos previsibles y las condiciones de ventilación necesarias para que en el funcionamiento no pueda producirse ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos.

Los circuitos que formen parte de los receptores deberán estar protegidos contra sobrecargas, siendo de aplicación lo dispuesto en la ITC-BT-22.

Los receptores no deberán, en general, conectarse a instalaciones cuya tensión asignada sea diferente de la indicada en el mismo.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por medio de un cable apto para usos móviles, que podrá incorporar una clavija de toma de corriente. Cuando la conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento, proceder a su mantenimiento y controlar esta conexión.

1.4.4.2. Motores

Según la ITC-BT-47 las secciones mínimas que tendrán los conductores de conexión, con objeto de que no se produzca en ellos un calentamiento excesivo, serán las siguientes:

- Un solo motor: Los conductores que alimenten a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga del motor.



- Varios motores: Los conductores de conexión que alimentan a varios motores deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125% de intensidad a plena carga del motor de mayor potencia más la intensidad a plena carga del resto de motores.

En los motores de aparatos de elevación en general se computará como intensidad nominal a plena carga como la necesaria para elevar las cargas fijadas como normales a la velocidad del régimen una vez pasado el periodo de arranque multiplicada por 1,3.

Los motores deberán estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases.

1.4.4.3. Receptores para alumbrado

Según se explica en la ITC-BT-44, las lámparas de descarga utilizadas en el presente proyecto tendrán que cumplir las siguientes condiciones.

- Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque.

- Para los receptores de lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas.

- El factor de potencia de cada receptor será mayor o igual a 0,9.

1.4.4.4. Receptores para aparatos de caldeo

Según la ITC-BT-45 los aparatos de caldeo para uso industrial tendrán que cumplir las siguientes especificaciones.

- Se alimentarán en corriente alterna y como mínimo a 50 Hz.

- La alimentación estará controlada por un interruptor magnetotérmico de corte omnipolar y que pueda ser accionado fácilmente.

- La cuba metálica de la caldera se pondrá a tierra.

1.4.5. Tomas de corriente

1.4.5.1. Introducción

Las tomas de corriente utilizadas en las instalaciones interiores o receptoras serán conforme a la norma UNE 20315 y las tomas para uso industrial conforme a la norma UNA 60309.



El cálculo de la potencia prevista para cada toma está resuelto en el documento de cálculos del presente proyecto teniendo en cuenta los factores de simultaneidad y utilización pertinentes.

1.4.5.2. Tipos de tomas de corriente

Las tomas de corriente utilizadas en el presente proyecto son monofásicas y trifásicas y los diferentes tipos son:

- Tomas de corriente monofásica de 16 A a 230 voltios (2P+T).
- Tomas de corriente trifásica de 16 A a 400 voltios (4P+T).

1.4.5.3. Situación y número de tomas de corriente

Las tomas de corriente ya sean trifásicas o monofásicas, en la nave, vestuario y oficina iran empotrada en la pared a una altura de 20 cm.

OFICINA:

- 13 tomas de corriente monofásicas de 16 A a 230 V. (2P+T).

VESTUARIO:

- 5 tomas de corriente monofásicas de 16 A a 230 V. (2P+T).

NAVE:

- 24 tomas de corriente monofásicas de 16 A a 230 V. (2P+T).
- 24 tomas de corriente trifásicas de 16 A a 400 V. (3P+T).

1.4.6. Interruptores y contactores

Los interruptores utilizados en el proyecto son de la marca Simon. Su situación viene detallada en el plano de alumbrado interior..



1.4.7. Cálculos de las intensidades de línea

Los cálculos son básicamente iguales para todas las líneas, excepto por la tensión a la cual se alimenta cada receptor, por lo tanto se indica el proceso y posteriormente se especifica los cables seleccionados. Los pasos a seguir son los siguientes:

1) Se necesitan los siguientes datos de partida:

- Previsión de potencia de los receptores.
- Tipo de receptor (monofásico o trifásico).
- Factor de potencia de los receptores.
- Longitud de cada una de las líneas.

2) Se calcula posteriormente la intensidad de cada receptor según sea su tensión de alimentación:

- Receptor monofásico:

$$I = \frac{P}{V * \cos \varphi}$$

- Receptor trifásico:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi}$$

Siendo:

I: intensidad del receptor en A.

P: potencia del receptor en W.

V: tensión de la línea que le suministra en V. (230/400V).

$\cos \varphi$: factor de potencia del receptor.

En el caso de que los receptores sean motores su potencia quedará multiplicada por 1,25. Y en el caso de que una misma línea alimente a varios motores, la línea se dimensionará para



una intensidad no inferior a la suma del 125% de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Para lámparas de descarga la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas y el factor de potencia de cada receptor será mayor o igual a 0,9. Por lo tanto las lámparas quedarán multiplicadas por un factor de corrección de 1,8.

Otro elemento a tener en cuenta será el factor de corrección según la temperatura ambiente, el tipo de canalización y el número de conductores activos que se encuentran en la misma. Para la acometida se tendrán en cuenta las tablas de la ITC-BT-07, y para la instalación interior se tendrá en cuenta la norma UNE 20460-5 que es para instalaciones interiores.

Así, para hallar la intensidad calculada se multiplicará la intensidad nominal de cada receptor por su correspondiente factor de corrección. Siendo este de 1,25 para motores y de 1,8 para lámparas de descarga. Esta intensidad calculada se dividirá más tarde por el factor de corrección de la norma UNE 20460-5 de agrupamiento de circuitos para hallar el criterio térmico.

1.4.8. Cálculo de los conductores de baja tensión

- 1) Una vez conocida la intensidad de cada receptor:

Hay que seleccionar la línea que va a alimentar a cada receptor, de modo que la potencia suministrada por cada uno quede más o menos repartida por igual en todas las líneas. Los receptores alimentados por la misma línea, que en este caso serán los de alumbrado, deben estar cercanos entre sí. Además no es conveniente alimentar por ejemplo la iluminación de la zona de producción con la misma línea que alimenta algún tipo de maquinaria, ya que esto provocaría picos de corriente que harían altibajos en la intensidad de dicha iluminación.

- 2) Después se elige el tipo de conductor a utilizar y por donde se va a llevar:

- Material del conductor (Aluminio o cobre).
- Tipo de instalación (bajo tubo, al aire, canaleta, bandeja, empotrados...).
- Aislamiento (PVC, XLPE).
- Tipo de cable (unipolar, manguera).

- 3) Ya se puede calcular los conductores en función del criterio térmico y el de caída de tensión

- Criterio térmico:

Cuando por un conductor, que tiene una determinada resistencia, pasa una intensidad, se eleva su temperatura. Esta elevación de temperatura es proporcional al cuadrado de la intensidad que pasa por él. Por lo tanto, si la temperatura es elevada, se corre el peligro de que el aislante



no la aguante, se deteriore hasta quemarse, y al final se provocará un cortocircuito. Para cada una de las secciones del conductor existe una intensidad admisible que no se debe sobrepasar para no dañar el aislamiento.

El objetivo del criterio térmico es el de limitar la densidad de corriente que va a circular por un conductor para que este no adquiera una temperatura elevada y pueda dañarse su aislamiento. Es decir, lo que limita es la corriente máxima que circula por el conductor.

Dependiendo de lo que se haya escogido en el punto 2, se hallará la sección necesaria a partir de las tablas que da el RBT mirando la ITC-BT-07 si es subterránea o la ITC-BT-19 si es una instalación interior, ya que en el presente proyecto solo se presentan estas dos opciones. La sección escogida en estas tablas será una cuya intensidad admisible sea mayor a la intensidad calculada para cada uno de los receptores.

En el presente proyecto todos los conductores seleccionados tienen aislante de polietileno reticulado (XLPE), y hay tanto conductores unipolares como mangueras.

- Criterio de caída de tensión:

Se basa en la caída de tensión en un conductor al circular corriente por él, ya que este tiene valor resistivo. Para ello se halla la caída de tensión que se produce desde el cuadro de baja tensión del centro de transformación hasta el último receptor de cada línea.

Debido a que la nave industrial se alimenta directamente en alta tensión, según la ITC-BT-19, las caídas máximas de tensión admisibles serán de 4,5% para alumbrado y de 6,5% para los demás usos (maquinaria y tomas).

Por tanto habrá que ver que sección es la adecuada para que la caída de tensión en el conjunto de las líneas no supere esos valores. Según sea la línea trifásica o monofásica, hay distintas expresiones para calcular las secciones en función de las caídas de tensión:

- Monofásica:

$$S = \frac{2 * L * I * \cos \varphi}{u * C}$$

- Trifásica:

$$S = \frac{\sqrt{3} * L * I * \cos \varphi}{u * C}$$

Siendo:

S: sección del conductor en mm².

L: longitud del conductor en m.

I: intensidad de la línea en A.

cos φ: factor de potencia.



u: caída de tensión en V.

C: conductividad del conductor (56 para el cobre).

- 4) En los cálculos, debido a que no se tiene una caída de tensión fija en cada tramo, sino que se tiene la caída de tensión desde el cuadro de baja tensión del centro de transformación hasta el receptor según sea el tipo, solo se ha realizado el criterio térmico. Después de elegir el conductor correctamente, lo que se ha hecho es hallar la caída de tensión en ese tramo y sumarle todas las caídas de tensión que hay en los tramos anteriores de los que cuelga este. Así para alumbrado, la caída de tensión total será inferior al 4,5%, y para los demás usos menor al 6,5%.
- 5) Para terminar obtenemos la sección del neutro y del conductor de protección siguiendo las tablas de la ITC-BT-07 y la ITC-BT-19. El tipo de instalación y los conductores se detallan, así como la tabla completa de cómo quedan los cables, en el documento cálculos.

1.4.9. Soluciones adoptadas

1.4.9.1. Conductores

Los conductores utilizados, tanto para la acometida como para la instalación interior de la nave, son conductores VV-K 0,6/1 KV de la marca General Cable. Sus características son:

- Denominación técnica: VV-K.
- Normativa constructiva: UNE 21.123-2.
- Conductor: Cobre clase 5.
- Aislamiento: XLPE.
- Cubierta: PVC.

Sección(mm ²)	Metal	Design	Polaridad	Total(m)
1.5	Cu	VV-K	Unipolar	1188
1.5	Cu	TT	Unipolar	297
2.5	Cu	VV-K	Unipolar	8466.8
2.5	Cu	TT	Unipolar	2236.4
4	Cu	VV-K	Unipolar	241.2
4	Cu	TT	Unipolar	60
6	Cu	VV-K	Unipolar	1213.6
6	Cu	TT	Unipolar	301
10	Cu	VV-K	Unipolar	1.2
16	Cu	VV-K	Unipolar	1508
16	Cu	TT	Unipolar	447



25	Cu	VV-K	Unipolar	280	
35	Cu	TT	Unipolar	65	
50	Cu	RZ1-K(AS)	Unipolar	140	
50	Cu	TT	Unipolar	265	
70	Cu	VV-K	Unipolar	260	
95	Cu	VV-K	Unipolar	500	
95	Cu	RZ1-K(AS)	Unipolar	420	

1.4.9.2. Canalizaciones

La canalización por donde se llevarán los conductores se dividirá en las siguientes partes desarrolladas a continuación:

- Acometida

La acometida es la línea que une el cuadro de baja tensión del centro de transformación con el cuadro general de distribución. Esta línea tiene una longitud de 22 m, y discurre por una zanja de 0,6 m de profundidad y 0,4 m de anchura con arena lavada debajo del tubo y relleno de hormigón H-12,5. Se llevarán tres fases y neutro, constituida cada una de las fases por tres conductores unipolares de 25 mm² y el neutro por tres cables unipolares de 16 mm². Se instalará un tubo de 110 mm de diámetro para la acometida y en su interior se colocarán los conductores de cada fase dispuestos en trébol. El tubo será liso por el interior, corrugado por el exterior, y de color rojo.

- Canalización general interior

La canalización general de la nave se realizará a través de bandeja perforada de acero galvanizado de 200 mm de ancho y 35 mm de alto. Esta llevará los conductores desde el CGD a los diferentes cuadros secundarios de la empresa. Cuando las líneas lleguen a donde están situados los cuadros secundarios, se bajarán mediante tubos metálicos. Esta bandeja perforada se instalará a una altura de 7 metros a lo largo de todo el perímetro de la nave

- Derivaciones

En la zona de trabajo, las derivaciones a cada máquina desde los cuadros secundarios se realizará a través de tubo corrugado de PVC en canalización empotrada en suelo a 20 cm de profundidad.



Para el alumbrado de la toda la zona de trabajo y de la zona de almacén de maquinaria, se llevarán las diferentes líneas por las bandejas perforadas, para después hacer las diferentes derivaciones mediante tubo grapado. El alumbrado exterior irá sobre la bandeja perforada por el interior de la nave.

Para las tomas monofásicas y trifásicas de la zona de producción y almacén de maquinaria, se llevarán las líneas por tubos grapados.

Tipo de tubo	Longitud (metros)
Tubo corrugado de doble capa de PVC Φ 20 mm.	2533.7
Tubo corrugado de doble capa de PVC Φ 25 mm.	235
Tubo corrugado de doble capa de PVC Φ 40 mm.	377
Tubo corrugado de doble capa de PVC Φ 50 mm.	196
Tubo corrugado de doble capa de PVC Φ 75 mm.	125
Tubo corrugado de doble capa de PVC Φ 125 mm.	65

1.5. PROTECCIONES EN BAJA TENSION

Toda instalación eléctrica tiene que estar dotada de una serie de protecciones para que la hagan segura, tanto desde el punto de vista de los conductores y los aparatos a ellos conectados, como de las personas que han de trabajar con ella.

1.5.1. Clasificación de las protecciones

Existen varios tipos de protecciones que pueden hacer a una instalación eléctrica completamente segura ante cualquier contingencia. Para las instalaciones de baja tensión hay que fijarse en las ITC-BT-22, ITC-BT-23 e ITC-BT-24, considerando las siguientes protecciones:

- Protección de la instalación:

- Contra sobrecargas.
- Contra cortocircuitos.

- Protección de las personas:

- Contra contactos directos.
- Contra contactos indirectos.



1.5.2. Conceptos básicos

Para la realización de las protecciones de la nave se han de tener unos conceptos básicos como los siguientes:

- Interruptor diferencial: Dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas para proteger a las personas de las derivaciones causadas por la falta de aislamiento entre los conductores y tierra o masa de los aparatos. Consta de dos bobinas, colocadas en serie con los conductores de alimentación de corriente y que producen campos magnéticos opuestos y un núcleo o armadura que mediante un dispositivo mecánico adecuado puede accionar unos contactos. Dicho interruptor provocará la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcancen un valor determinado que vendrá determinado por la sensibilidad de este.

- Conductor eléctrico: Un cuerpo es conductor eléctrico cuando al ponerlo en contacto con un cuerpo cargado de electricidad transmite ésta a todos los puntos de su superficie. Generalmente suelen ser hilos de cobre.

- Interruptor automático: Aparato mecánico que permite cortar y volver a conexionar en condiciones normales. Corta en el caso de que se produce una sobreintensidad o un cortocircuito. Un interruptor automático consta de:

a) Cámara de extinción: Esta puede ser de aire o de SF₆ y absorbe el arco que se produce al abrir y cerrar los contactos.

b) Mecanismo de apertura y cierre: Lo que hace es abrir y cerrar el contacto.

c) Disparadores: Son los que mandan abrir este mecanismo de apertura y existen de dos tipos:

- Primarios: Mandan al de disparo:

- Térmicos: Son dos chapas bimetálicas. Si aumenta la intensidad, las chapas flexionan por la T^a. El térmico detecta sobrecargas.

- Magnéticos: Detecta los cortocircuitos. Es una bobina que al pasar un valor determinado de corriente activa el disparador. A partir de 125 A son regulables.

- Secundarios: Siempre está conectado a un contacto auxiliar que está alimentando a una fuente de alimentación. Este disparador también se puede utilizar para el rearme del automático, además de una determinada condición que nosotros hayamos impuesto.

- Interruptor magnetotérmico: Es un pequeño interruptor automático con las mismas partes que un interruptor automático a excepción de los disparadores secundarios. Además tampoco son regulables. Es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger frente a las intensidades excesivas, como los cortocircuitos o por el consumo excesivo de los receptores conectados a la línea que protege el interruptor automático. Para su funcionamiento, los interruptores magnetotérmicos aprovechan dos de los



efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica por un circuito, el magnético y el térmico. El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

- **Fusibles:** Estos protegen contra sobrecargas y cortocircuitos. Es un aparato de conexión que provoca la apertura del circuito por fusión debido al calentamiento de uno o varios elementos destinados a ese fin. Este consta de tres partes:

- Conductor: Va dentro del cartucho. Puede ser de cobre o aleación de plata. Los de pequeño amperaje tienen aire en su interior y los de gran amperaje tienen arena de sílice.
- Cartucho: El conductor va dentro de este y puede ser de plástico, de vidrio o cerámico.
- Portafusibles: Es la parte fija donde se coloca el fusible.

La característica del fusible es que tiene un alto poder de corte (hasta 100 KA) y tiene el inconveniente de que no se puede rearmar ya que cuando se produce un cortocircuito o una sobreintensidad este se funde y hay que reemplazarlo.

1.5.3. Protección de la instalación

La finalidad de los dispositivos de protección es la de registrar de forma selectiva las averías y separar las partes de la instalación defectuosas para evitar que hubiera un apagón general de la instalación, así como limitar las sobreintensidades y los defectos de los arcos.

En las instalaciones en la que hay interruptores en varios escalonamientos, generalmente se requiere que estos sean selectivos. La selectividad es la coordinación de dispositivos de corte automático para que un defecto en la línea a la cual protege, sea eliminado por el interruptor colocado inmediatamente aguas arriba del defecto, y solo se quede sin alimentación esa rama y no las demás. La selectividad de las protecciones es un elemento esencial que debe ser tomado desde el momento de la concepción de una instalación en baja tensión, con el fin de garantizar a los usuarios la mejor disponibilidad de la energía. La selectividad es importante en todas las instalaciones para el confort de los usuarios, pero fundamentalmente solo se encuentra en las instalaciones industriales de fabricación. Un dispositivo de protección se considera selectivo cuando solamente dispara el interruptor inmediatamente superior a donde se ha originado el defecto y ningún otro de la correspondiente instalación. En caso de fallar el interruptor, tiene que actuar otro de orden superior.

Una instalación no selectiva está expuesta a riesgos de diversa gravedad:

- Imperativos de producción no respetados.



- Volver a realizar los procesos de arranque de cada máquina como consecuencia de una pérdida de la alimentación general.
- Paros de motores de seguridad tales como bombas de lubricación, extractores de humos, etc...
- Roturas de fabricación con pérdida de los productos y riesgo de avería en los procesos continuos.

Se entiende por tiempo de escalonamiento al intervalo de tiempo necesario para que dispare con seguridad sólo el elemento de protección anterior al punto de defecto. Las características de disparo de los diversos elementos de protección no deben entrecruzarse para evitar que salte otra protección diferente a la requerida.

1.5.3.1. Protección contra sobrecargas

La protección contra sobrecargas se recoge dentro de la ITC-BT-22. El límite de corriente admisible de un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado. El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omipolar, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

La consecuencia más directa de la sobrecarga es una elevación de la temperatura, que por otra parte, es la causa directa de los desperfectos que pueda ocasionar la sobrecarga en la instalación.

Los dispositivos de protección, estarán previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que se pueda provocar un calentamiento excesivo que afecte al aislamiento, las conexiones, los terminales, o el medio ambiente. Las protecciones que se utilizan para sobrecargas, se tratan esencialmente de una protección térmica, es decir, basada en la medición directa o indirecta de la temperatura del objeto que se va a proteger, permitiendo además la utilización racional de la capacidad de sobrecarga de este mismo objeto.

Este dispositivo se ubicará en los lugares donde pueda haber una reducción del valor de la corriente admisible de los conductores, por ejemplo, un cambio de sección, de naturaleza o de modo de instalación.

1.5.3.2. Protección contra cortocircuitos

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.



Un cortocircuito se produce en un sistema de potencia al entrar en contacto entre sí o con tierra conductores correspondientes a distintas fases. Normalmente las corrientes de cortocircuito son muy elevadas, entre 5 y 20 veces el valor máximo de la corriente de carga en el punto de falta.

Hay diferentes tipos de cortocircuito como en tripolar (el más raro de darse y el que más valor da), asimétrico entre fase y tierra, entre dos fases y cortocircuito entre fase y neutro.

Estos dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda la corriente del cortocircuito en los conductores a los que protege, antes que ésta pueda causar daños como consecuencia de los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones. Todo dispositivo que asegure la protección contra cortocircuito debe responder a las dos siguientes condiciones:

- El poder de corte del dispositivo debe ser mayor o igual a la corriente de cortocircuito que se pueda presentar en el circuito al que protege. Por filiación, se permite que una protección con un Pdc determinado, pueda tener un valor menor en función del que está aguas arriba, con lo que se abarata la instalación.

- El tiempo que tarde en abrir la protección debe ser menor al tiempo que se requiera para llevar la temperatura de los conductores al límite admisible. En los cálculos se utiliza el valor de 0,1 s., que es el tiempo que tarda en abrir la protección.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistemas de corte omnipolar.

1.5.4. Cálculo de las impedancias

- Impedancia total (Z_t):

Una red de baja tensión se caracteriza por una impedancia Z compuesta de un elemento resistivo puro (R) y un elemento inductivo puro (X). El método de las impedancias consiste en descomponer la red en trozos y en calcular para cada uno de ellos los valores de R y de X . Después se suman aritméticamente por separado con la siguiente expresión:

$$Z_t = Z_A + Z_T + Z_L + Z_{AUT}$$

- Impedancia de la red de media tensión (Z_A):

Para hallar la impedancia de la red de media tensión se necesita saber la potencia de cortocircuito de la red, que es un dato que proporciona la compañía distribuidora de energía (500 MVA). Despreciando la resistencia frente a la reactancia se puede calcular la impedancia de la red de media tensión que está aguas arriba del transformador:



$$Z_A \approx X_A = \frac{V^2}{S_{CC}}$$

Siendo:

Z_A : impedancia de la red de media tensión en Ω .

X_A : reactancia de la red de media tensión en Ω .

S_{CC} : potencia de cortocircuito en MVA.

V : tensión compuesta primaria en V.

- Impedancia del transformador (Z_T):

La impedancia del transformador, despreciando las pérdidas en el cobre, se halla con la siguiente fórmula:

$$Z_T \approx X_T = V_{CC} * \frac{V^2}{S}$$

Siendo:

Z_T : impedancia del transformador en Ω .

X_T : reactancia del transformador en Ω .

V_{CC} : tensión de cortocircuito en % (4%).

S : potencia aparente del transformador en KVA (250 KVA).

La resistencia y la reactancia, tanto del transformador como del aparellaje de alta tensión lo podemos considerar despreciable, con el motivo de ahorrar cálculos prácticamente innecesarios.

- Impedancia de los conductores (Z_L):

Esta impedancia se considera prácticamente resistiva y se calcula según la ecuación siguiente:

$$R_L = \rho * \frac{L}{S}$$

Siendo:

R_L : resistencia de la línea por fase en Ω .

ρ : resistividad del conductor de cobre a 20°C.

L : longitud de la línea en metros.

S : sección de la fase en mm²

- Impedancia de los automatismos (Z_{AUT}):



Para todos los automatismos (protecciones, relés, etc...), diremos que son inductivos y como media tienen un valor de 0,15 mΩj por automatismo. La impedancia total de los automatismos se halla:

$$Z_{AUT} \approx X_{AUT} = n^{\circ} \text{ automatismos} * 0.15 \text{ m}\Omega j$$

En el n° de automatismos se incluye el que se está calculando, así como otros de otra índole como diferenciales, relés, fusibles...

- Impedancia total nueva (Zt'):

Esta impedancia es la utilizada para el cálculo de la $I_{cc_{min}}$, para posteriormente hallar la curva de cada interruptor magnetotérmico. Para ello se tiene en cuenta todo lo que hay aguas arriba del interruptor magnetotérmico además del circuito al que este protege. Para el cálculo de esta Zt', se calcula la resistencia de los conductores a la temperatura de cortocircuito (250°C). Para ello se hace la siguiente transposición:

$$Z_L \approx R_L = R_{L20^{\circ}C} * (1 + \alpha \Delta T)$$

Siendo:

$$\alpha: 4 * 10^{-3}.$$

ΔT : incremento de temperatura (250-20).

Por lo tanto la impedancia total nueva queda:

$$Zt' = Z_A + Z_T + Z_{L250^{\circ}C} + Z_{AUT}$$

1.5.5. Cálculo de las intensidades de cortocircuito

Se calcularán dos intensidades de cortocircuito. La intensidad de cortocircuito máxima ($I_{cc_{max}}$) en el origen del circuito o línea, y la intensidad de cortocircuito mínima ($I_{cc_{min}}$) en el final de la línea.

1) Intensidad de cortocircuito máxima:

Estas se calculan en los bornes de salida del dispositivo de protección, considerando la configuración de la red y el tipo de cortocircuito de mayor aporte. En general, se suele utilizar la expresión del cortocircuito trifásico en las instalaciones de baja tensión. Después de calcular la intensidad de cortocircuito máxima, se determinará el poder de corte de la protección, que deberá ser mayor a esta intensidad de cortocircuito.



Para el cálculo de esta intensidad de cortocircuito se tendrá en cuenta toda la instalación que hay aguas arriba de la protección a calcular. Dicha corriente se calculará mediante la siguiente expresión:

$$I_{cc_{max}} = \frac{C_T * V_L}{\sqrt{3} * Z_t}$$

Siendo:

$I_{cc_{max}}$: intensidad de cortocircuito eficaz en KA.

C_T : coeficiente de tensión.

V_L : tensión de línea (400 V).

Z_t : impedancia por fase aguas arriba del defecto en Ω .

Una vez calculada esta intensidad de cortocircuito, se determinará el poder de corte de la protección seleccionando un valor normalizado de Pdc superior al valor de intensidad de cortocircuito máxima calculada.

2) Intensidad de cortocircuito mínima:

Estas se calculan al final de la línea a la que protege la protección a calcular. Estas corrientes se utilizan para:

- Elegir el tipo de curva del interruptor magnetotérmico.
- Ajustar los dispositivos de protección para la protección de los conductores contra cortocircuitos.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito mínima se utiliza la siguiente expresión:

$$I_{cc_{min}} = \frac{C_T * V_F}{\sqrt{3} * Z_t'}$$

Siendo:

$I_{cc_{min}}$: intensidad de cortocircuito mínima en A.

C_T : coeficiente de tensión.

V_F : tensión de fase (230 V).

Z_t' : impedancia por fase total de la instalación incluido el circuito a proteger en Ω .

Una vez calculada la corriente de cortocircuito mínima, antes de elegir el tipo de curva del interruptor magnetotérmico, será necesario calcular su calibre con la siguiente expresión:

$$I_{cal} < \text{Calibre} < I_{adm}$$



Siendo:

Ical: Es la intensidad calculada para cada línea dentro del apartado de cálculos después de ser multiplicada por los consiguientes factores de corrección.

Iadm: Es la intensidad admisible del conductor que se obtiene después de aplicar el criterio térmico y el de caída de tensión. Se mira en las tablas de la ITC-BT-19 e ITC-BT-07 en el presente proyecto.

Dentro del intervalo que nos ofrecen estos dos valores se escoge el que más convenga teniendo en cuenta los valores normalizados.

Finalmente ya se puede conocer el tipo de curva del interruptor magnetotérmico, de forma que la $I_{cc_{min}}$ sea mayor o igual que la corriente de magnetización que se determina según la curva escogida y el calibre de la protección. La corriente de magnetización para cada curva queda:

- Curva B: $I_{mag}=5 \times I_n$
- Curva C: $I_{mag}=10 \times I_n$
- Curva D: $I_{mag}=20 \times I_n$

1.5.6. Cálculo del tiempo máximo que el conductor aguanta la intensidad de cortocircuito final

Como la intensidad de cortocircuito es mucho mayor que la intensidad admisible del cable, hay un aumento de la temperatura, y si la temperatura aumenta demasiado, no se puede disipar más calor y el conductor se quema.

Se estudiará un proceso adiabático:

La energía liberada en el cortocircuito tiene que ser igual a la energía absorbida por el conductor.

- Energía liberada en el ccto = $R \cdot I^2 \cdot t$
- Energía absorbida por el conductor = $C_e \cdot S \cdot L \cdot (T_{cc} - T_{rp})$

Siendo:

C_e : calor específico por unidad de volumen del cable eléctrico.

T_{rp} : T^a en régimen permanente.

T_{cc} : T^a de cortocircuito.

R : resistencia del conductor.

La fórmula queda:

$$\frac{L}{K \cdot S} = I^2 \cdot t = C_e \cdot S \cdot L \cdot (T_{cc} - T_{rp})$$



Despejando, la fórmula final queda:

$$t_{mciccf} = \frac{C_c * S^2 * \Delta T}{I_{cc_{min}}^2}$$

Siempre se tiene que cumplir que el $t_{mciccf} > t_{desconexión}$ (0,1 s). Si ocurre que el $t_{mciccf} < t_{desconexión}$, se utilizará el tercer criterio, se utilizará el criterio de cortocircuito.

De la fórmula anterior el C_c es fijo por el tipo de conductor, el ΔT es fijo por el tipo de aislamiento, la $I_{cc_{min}}$ es fija. Solo se puede variar la sección del conductor.

El tercer criterio de sección se calculará después del cálculo de la instalación y de las protecciones.

1.5.7. Protección de las personas

Cuando entre dos puntos haya una diferencia de potencial y un elemento conductor que los une entre sí, habrá una corriente eléctrica entre ellos. La circulación de la corriente por las personas se puede producir:

- Cuando las personas se pongan en contacto directo con una parte eléctrica que normalmente estará en tensión (contacto directo) debido a que un conductor descubierto se ha hecho accesible por ruptura, defecto en el aislamiento...
- Cuando la persona se pone en contacto con una parte metálica que por accidente se encuentra bajo tensión (contacto indirecto), como por ejemplo la carcasa de un motor, que puedan quedar bajo tensión por un defecto en el aislamiento, por confusión en la conexión del conductor de protección con el de fase activa.

Según diversos estudios, para determinar con exactitud los valores peligrosos de intensidad y tiempo, se trazan las curvas límites de tiempo-corriente para diferentes grados de peligrosidad. En general, valores inferiores a 30 mA se ha comprobado que no son peligrosos para el hombre, así como tiempos inferiores a 30 ms. Como es lógico, los valores de esta intensidad dependerán de los de la tensión existente y de la resistencia eléctrica del cuerpo humano. Las distintas precauciones que se emplean tenderán a limitar la tensión de contacto.

La ITC-BT-24 limita estos valores según el local:

- 24 V para locales húmedos.
- 50 V para los demás casos.



El grado de peligrosidad de la corriente eléctrica para la persona que pueda establecer contacto directo o indirecto dependerá de factores fisiológicos, e incluso de su estado concreto en el momento del contacto; sin embargo, al margen de ello, a nivel general, se puede decir que depende del valor de la corriente que pasa por él y de la duración de la misma.

1.5.7.1. Protección contra contactos directos

Según la ITC-BT-24, para asegurar una protección eficaz ante los contactos directos que se puedan producir es conveniente tomar las siguientes medidas:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos. Con ellos se impide cualquier contacto accidental con las partes activas de la instalación.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

1.5.7.2. Protección contra contactos indirectos

Para la protección de las personas contra estos contactos se tienen en cuenta estos tres principios:

- Impedir la aparición de defectos mediante aislamientos complementarios.
- Uso de tensiones no peligrosas para que el contacto eléctrico no sea peligroso.
- Limitar la duración del contacto eléctrico mediante dispositivos de corte.

Debido a que el esquema de distribución elegido para el presente proyecto es el esquema TT, por ser el más común y además obligado por IBERDROLA, estas son sus características principales:

- Todas las masas de los equipos se conectarán a tierra mediante un conductor de protección.
- El neutro de cada transformador o generador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá siempre la siguiente relación:

$$R_A * I_A < U$$

Siendo:



R_A : es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección.

I_A : corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección.

U : tensión de contacto límite.

En el esquema TT se utilizan los dispositivos de protección siguientes:

- Dispositivos de protección de corriente diferencial residual.
- Dispositivos de protección de máxima corriente como interruptores automáticos o fusibles.

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir de la cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato. La elección de la sensibilidad del diferencial que debe utilizarse en cada caso viene determinada por la resistencia de tierra de las masas, medida en cada punto de conexión de las mismas. Debe cumplir la relación:

$$R < \frac{24}{I_s}$$

(en locales húmedos)

$$R < \frac{50}{I_s}$$

(en locales secos)

Donde I_s es la sensibilidad del diferencial en mA.

1.5.8. Solución adoptada

En el cuadro general de distribución se colocará un interruptor automático de cabecera. Debajo de este se colocarán los interruptores diferenciales. Se colocarán de esta manera, ya que si hubiera algún fallo imprevisto (contacto indirecto), la totalidad de la nave no se quede sin suministro. A parte de esto, al principio de cada una de las líneas, se colocará un interruptor automático magnetotérmico para la protección de estas.

En los cuadros secundarios se colocará un interruptor automático de cabecera y otro para cada una de las máquinas. Se colocarán interruptores diferenciales agrupando conjuntos de máquinas como se observa en los esquemas unifilares. Las tomas de corriente monofásicas y trifásicas, así como las zonas de alumbrado, también estarán protegidas por un interruptor automático y un interruptor diferencial (tanto zona de producción, como de almacén, como de oficinas, vestuarios e iluminación exterior).

La distribución de las distintas protecciones estará representada en los planos de los cuadros secundarios. Los elementos utilizados son de la marca Schneider. Para su elección se tiene en cuenta, aparte del calibre y el poder de corte, la selectividad y las curvas de limitación de los mismos que aparecen en los catálogos comerciales.



1.5.8.1 Protecciones.

MAGNETOTERMICOS, INTERRUPTORES AUTOMATICOS Y FUSIBLES.

Descripción	Intens(A)	Cantidad
Mag/Tetr.	10	32
Mag/Bip.	16	24
Mag/Tetr.	16	16
Mag/Tetr.	20	1
Mag/Tetr.	32	17
Mag/Tetr.	50	2
I.Aut/Tetr.	100	1
I.Aut/Tetr.	160	2
I.Aut/Tetr.	250	2

MEDICION DE DIFERENCIALES.

Descripción	Clase	Intens(A)	Sensibilidad(mA)	Cantidad
Diferen./Tetr. AC	25	25	30	5
Diferen./Tetr. AC	25	25	300	1
Diferen./Tetr. AC	40	40	30	24
Diferen./Tetr. AC	40	40	300	1
Diferen./Tetr. AC	63	63	30	2
Relé y Transf. AC	100	100	300	1
Relé y Transf. AC	160	160	300	1
Relé y Transf. AC	250	250	300	2

1.6. PUESTAS A TIERRA

1.6.1. Objeto

Las puestas a tierra se establecen principalmente con el objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la



actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

Cuando otras instrucciones técnicas prescriban como obligatoria la puesta a tierra de algún elemento o parte de la instalación, dichas puestas a tierra se regirán por el contenido de la ITC-BT-18.

1.6.2. Definición

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las descargas de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación, y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

1.6.3. Partes de la puesta a tierra

Según la ITC-BT-18, hay varias partes dentro de una instalación de puesta a tierra. Estas partes son las siguientes:

1.6.3.1. Electrodo

Es una masa metálica, que está en buen contacto con el terreno, para que cuando se presente una corriente de defecto, estos electrodos la puedan derivar al terreno.



Para la elaboración de electrodos se suelen utilizar materiales como el cobre, el acero galvanizado y el hierro zincado, porque se utilizan materiales inalterables a la humedad y a la acción química del terreno.

Los electrodos pueden ser de diferentes tipos:

- Picas: Tubos de acero zincado de 25 mm de diámetro o de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro, con longitudes nunca inferiores a 2 metros. Se suele utilizar el cobre al ser más barato y en el caso de ser necesarias varias picas, la distancia entre ellas será como mínimo igual a la longitud.

- Placas: Serán de cobre o hierro zincado. Suelen ser de superficie 1 m². El número de placas va en función de la resistencia a tierra y se ponen en paralelo.

- Conductores enterrados: Suelen ser de cobre desnudo y de 50 mm² de sección. Se ubica en la zona perimetral del edificio y se van conectando en distintos puntos.

- Mallas metálicas: Formadas por electrodos simples del mismo tipo unidos entre sí y situados bajo tierra.

La sección del electrodo, en cualquiera de los casos debe ser tal que ofrezca menor resistencia que la del conductor de las líneas principales de tierra. La resistencia del electrodo depende de su forma, de sus dimensiones y de la resistividad del terreno. Por ello en la tabla 5 de la ITC-BT-18 se recogen las fórmulas para calcular las resistencias en función del electrodo.

1.6.3.2. Línea de enlace con tierra

Está formada por los conductores que unen el electrodo, o el conjunto de electrodos o anillo, con el punto de puesta a tierra. Los conductores de enlace con tierra, desnudos en el suelo, se consideran que forman parte del electrodo y deberán ser de cobre u otro metal de alto punto de fusión con un mínimo de 35 mm² de sección en caso de ser de cobre o su equivalente de otros metales.

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y los electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas. Debe cuidarse, en especial, que las conexiones no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

1.6.3.3. Punto de puesta a tierra



Es el punto de la línea de enlace en el cual se puede hacer la medida de la resistencia a tierra. Debe preverse sobre los conductores de tierra, y en un lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

1.6.3.4. Conductores de protección

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

En el circuito de conexión a tierra, los conductores de protección unirán las masas al conductor de tierra.

Serán de cobre o de otro metal de elevado punto de fusión. La sección de los conductores de protección será la indicada en la tabla 18.2 o se obtendrá por cálculo conforme a lo indicado en la norma UNE 20460-5-54:

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$	$S(*)$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

1.6.4. El terreno

El terreno es el encargado de disipar corrientes de defecto o descargas de origen atmosférico. Este comportamiento viene determinado por la resistividad, que depende de cada terreno, y que es una característica de todos los materiales y que nos da una idea de la resistencia que ofrece un material al ser atravesado por una corriente eléctrica, en este caso por una corriente de defecto.

La resistividad del terreno se mide en ohmios por metro (Ωm). Los cuerpos con una resistividad muy baja, dejan pasar fácilmente la corriente eléctrica, al contrario de los que tienen resistividad alta.



Según la MIE-RAT-13, la investigación de las características del terreno donde se va a ubicar la puesta a tierra es un requerimiento. Como los terrenos no suelen ser uniformes en su composición, un determinado terreno tendrá una resistividad promedia de los efectos de las diferentes capas que componen el terreno. La resistividad del terreno depende de los siguientes conceptos:

- Humedad.
- Porosidad.
- Salinidad.
- Resistividad de los minerales de la fracción sólida y resistividad de los líquidos y gases que rellenan la fracción sólida.
- Temperatura.
- Textura.
- Superficie de separación entre fase sólida y líquida.

1.6.5. Resistencia de las tomas de tierra

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella en cada caso.

Este valor de resistencia será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor.
- 50 V en los demás casos.

1.6.6. Elementos a conectar a la toma de tierra

Después de hacer la toma de tierra de la nave, se deberá conectar en los puntos de puesta a tierra todos los elementos metálicos o elementos susceptibles de ponerse en tensión, con el fin de conseguir una gran red equipotencial dentro del edificio y en contacto íntimo con tierra. Según la norma tecnológica de la edificación, deberá conectarse a tierra:

- Las instalaciones de fontanería, gas y calefacción, depósitos, calderas, etc.
- Guías metálicas de los aparatos elevadores.
- Instalación de pararrayos.
- Toda masa o elemento metálico significativo.
- Instalación de antenas colectivas de TV y FM.
- Redes equipotenciales de cuarto de baño, que unan enchufes eléctricos y masas metálicas.
- Estructuras metálicas y armaduras de muros de hormigón.



1.6.7. Revisión de las tomas de tierra

Por la importancia que ofrece desde el punto de vista de la seguridad cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por el director de obra o instalador autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno está más seco.

1.6.8. Solución adoptada

La puesta a tierra de la nave del presente proyecto está formada por un conductor de cobre desnudo de 50 mm² enterrado a una profundidad de 0.8 m. El conductor abarca todo el perímetro de la nave, incluido el parking, y en cada uno de los diez vértices de la zona, se conecta al conductor de cobre desnudo una pica de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud.

El número total de picas de la puesta a tierra será 10, y toda la red estará unida al mallazo metálico de cimentación y al mallazo metálico de los pilares. Todas las uniones se realizarán mediante soldadura aluminotérmica. En cada pica se pondrá una arqueta de registro para poder comprobar el buen estado de las picas y de las conexiones al anillo de cobre desnudo.

El anillo de puesta a tierra se conectará al bornero principal de tierra del cuadro general a través de una caja de seccionamiento y medida de puesta a tierra situada junto al cuadro general. Los 5 cuadros secundarios que hay en la nave se conectarán también al anillo mediante cable de cobre desnudo de 50 mm². Desde cada cuadro secundario partirán los conductores de protección a los distintos receptores (alumbrado de la nave, tomas de corriente y maquinaria)

La cubierta de los conductores de tierra será de color amarillo-verdes para poder distinguirlos de los conductores activos de la instalación.



1.7. POTENCIA A COMPENSAR

En el cálculo de la potencia reactiva a compensar, para que la instalación en estudio presente el factor de potencia deseado, se parte de los siguientes datos:

Suministro: Trifásico.

Tensión Compuesta: 400 V.

Potencia activa: 264591.72 W.

CosØ actual: 0.8.

CosØ a conseguir: 1.

Conexión de condensadores: en Triángulo.

Los resultados obtenidos son:

Potencia Reactiva a compensar (kVAr): 198.44

Gama de Regulación: (1:2:4)

Potencia de Escalón (kVAr): 28.35

Capacidad Condensadores (μ F): 188

La secuencia que debe realizar el regulador de reactiva para dar señal a las diferentes salidas es:

Gama de regulación; 1:2:4 (tres salidas).

1. Primera salida.



2. Segunda salida.
3. Primera y segunda salida.
4. Tercera salida.
5. Tercera y primera salida.
6. Tercera y segunda salida.
7. Tercera, primera y segunda salida.

Obteniéndose así los siete escalones de igual potencia.

Se recomienda utilizar escalones múltiplos de 5 kVAr.

Cálculo de la Línea: Bateria Condensadores

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 5 m; $X_u(\text{mW/m})$: 0;
- Potencia reactiva: 198443.77 VAr.

$$I = C_{Re} \times Q_c / (1.732 \times U) = 1.5 \times 198443.77 / (1.732 \times 400) = 429.66 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2(3 \times 120 + TT \times 70) \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 450 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 67.35

$$e(\text{parcial}) = 5 \times 198443.77 / 46.86 \times 400 \times 2 \times 120 = 0.22 \text{ V.} = 0.06 \%$$

$$e(\text{total}) = 1.12\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$



Prot. Térmica:

I. Aut./Tri. In.: 630 A. Térmico reg. Int.Reg.: 440 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 30 mA. Clase AC.

1.8. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

1.8.1. Introducción

En el presente proyecto, la alimentación de todos los circuitos de la instalación eléctrica de la nave se hará a partir del centro de transformación prefabricado de la marca Ormazabal que será propiedad de la empresa. En él se encuentran los elementos de unión entre la red de distribución y el transformador de potencia, así como el cuadro de baja tensión del centro.

La acometida de alta tensión llegará al centro de transformación de forma subterránea y con una tensión de 13,2 KV, y en él se dispondrán los elementos necesarios y exigidos por la reglamentación vigente. Las necesidades de la instalación eléctrica de la nave serán cubiertas mediante un transformador de 250 KVA que se alojará dentro del edificio prefabricado.

1.8.2. Reglamentación y disposiciones oficiales

Para la elaboración del centro de transformación se han tenido en cuenta las siguientes normativas:

- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de Iberdrola.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.



1.8.3. Tipos de centros de transformación

- De distribución:

El centro de transformación es propiedad de una compañía suministradora. Su función es la de reducir la tensión y a este se conectan muchos consumidores de energía eléctrica. La compañía suministradora realiza su explotación y mantenimiento, y esta se responsabiliza de su funcionamiento. Este CT forma parte de la red de distribución también denominada red pública.

- De abonado:

El centro de transformación es propiedad del cliente. Se utiliza a partir de una potencia de consumo y la energía se compra en M.T. El cliente debe instalar su propio CT y realizar su explotación y mantenimiento. El precio de la energía en media tensión es más bajo que el de baja tensión, y a partir de ciertas potencias, resulta más favorable comprar en media tensión aun teniendo en cuenta el coste del CT y su mantenimiento, a cargo del cliente. Esta opción de CT propio presenta otras ventajas adicionales:

- Independencia respecto de otros abonados de baja tensión.
- Poder elegir el régimen del neutro de baja tensión más conveniente, aspecto importante para ciertas industrias, en las que la continuidad de los servicios puede ser prioritaria.
- Poder construir el CT, ya previsto para futuras ampliaciones.

1.8.4. Emplazamiento del centro de transformación

El centro de transformación es un edificio prefabricado que se sitúa en la parte trasera de la nave industrial, destinado exclusivamente a su uso. El acceso al CT se hará mediante dos puertas frontales, una para entrar al hueco del transformador y otra para entrar a la aparamenta del centro de transformación, que se han construido en dicho edificio prefabricado.

1.8.5. Características del centro de transformación

1.8.5.1. Local

El centro de transformación que se va a instalar en el presente proyecto es de tipo exterior, y debido a las características de ubicación de la parcela y de la potencia contratada, la empresa suministradora clasifica el centro de transformación objeto de estudio como centro de transformación de abonado. Por ello será necesario una caseta o edificio prefabricado de obra civil.

El centro de transformación elegido es un prefabricado PFU-4 de la marca ORMAZABAL, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltorio metálica según la norma UNE-20.099-90 de la marca ORMAZABAL. El acceso al centro estará restringido al personal de la Compañía Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Hay dos puertas, una para la entrada a las celdas de media tensión y



otra para el transformador. Dichas puertas permanecerán cerradas con un sistema de cierre que permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Compañía Eléctrica.

Los compartimentos diferenciados serán los siguientes:

- Compartimento de aparellaje.
- Compartimento de juego de barras.
- Compartimento de conexión de cables.
- Compartimento de mando.
- Compartimento de control.

1.8.5.2. Características constructivas

- Compacidad:

Estos prefabricados se montarán enteramente en fábrica, lo que supondrá obtener calidad en origen, reducción del tiempo a la hora de realizar la instalación y posibilidad de posibles traslados.

- Facilidad de instalación:

La innecesaria cimentación, debido a que es prefabricado, y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación.

- Material:

El material empleado en la fabricación de las diferentes piezas (bases, paredes, techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado, se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica y una perfecta impermeabilidad.

- Equipotencialidad:

La propia armadura que existe en el prefabricado, de mallazo electro-soldado, garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Según UNESA las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida de hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10000 ohmios. Ningún elemento metálico unido al sistema de equipotencialidad será accesible desde el exterior.

- Impermeabilidad:

Los techos estarán diseñados de tal forma que evitan las filtraciones y la acumulación de agua sobre estos, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.

- Pinturas:



Las superficies exteriores se pintarán con pintura acrílica, de color blanco o crema y textura rugosa en las paredes, y marrón en el perímetro de las cubiertas o techo, puertas y rejillas de ventilación.

- Grados de protección:

Serán conformes a la UNE 20324/89 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será IP239, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será IP339.

Las componentes principales que formarán el edificio prefabricado son las que se indican a continuación:

- Envolvente:

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará de una pieza sobre camión. La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total permeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica. Los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja tensión irán en la parte inferior del prefabricado en unos orificios. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la entrada o salida de los cables.

- Suelos:

Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre unos soportes metálicos en forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no queden cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos, se taparán con unas placas prefabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.

- Cuba de recogida de aceite:

La cuba de recogida de aceite se utiliza para vaciar el transformador y se integra en el propio diseño del hormigón. Tendrá una capacidad suficiente para transformadores de hasta 800 KVA (en el presente proyecto es de 250 KVA) estando así diseñada para recoger en su interior el aceite del transformador sin que este se derrame por la base.

- Puertas y rejillas de ventilación:

Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con resina epoxi. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, y se podrá mantener en la posición de 90° con retenedor metálico. El acabado estándar del centro se



realiza con pintura acrílica rugosa, de color blanco en las paredes y marrón en los techos, puertas y rejillas.

Las dimensiones del centro de transformación quedan reflejadas en el siguiente cuadro:

	Dimensiones exteriores	Dimensiones interiores	Dimensiones excavación
Longitud (mm)	4460	4280	5260
Anchura (mm)	2380	2200	3180
Altura (mm)	3045	2355	560 (profundo)

Peso=12000 Kg

Superficie= 10,7 m²

Los equipos eléctricos inmersos en el centro de transformación serán prefabricados y cumplirán con las especificaciones indicadas en la MIE RAT 19.

1.8.6. Instalación eléctrica

1.8.6.1. Introducción

El centro de transformación se compone de una serie de celdas unidas eléctricamente entre sí, de un transformador, de un cuadro de baja tensión y de un cuadro auxiliar.

En primer lugar habrá una celda de línea, que se utiliza para la maniobra de entrada de los cables de MT que forman el circuito de alimentación del centro de transformación. Después se conectará una celda de protección, que se utiliza para la ejecución de maniobras para la conexión y desconexión del transformador o para su protección, realizándose esta última mediante fusibles. Seguidamente se conectará la celda de medida, justo antes del transformador de MT/BT. Para finalizar se conectará el transformador a un cuadro de baja tensión. De este cuadro de baja tensión saldrá una línea hasta el cuadro auxiliar del CT en el que se ubicará el alumbrado, el alumbrado de emergencia y la toma de corriente del centro de transformación.

1.8.6.2. Características de la red de alimentación

La red de alimentación al centro de transformación se hará de forma subterránea a una tensión de 13,2 KV y 50 Hz de frecuencia. La potencia de cortocircuito máxima de la red de



alimentación, dato proporcionado por la compañía suministradora de energía eléctrica (Iberdrola), será de 500 MVA.

1.8.6.3. Características de la aparamenta de media tensión

Características generales de los tipos de aparamenta empleados en la instalación:

Celdas CGMCOSMOS:

El sistema CGMCOSMOS está formado por un conjunto de celdas modulares de media tensión, con aislamiento y corte de hexafluoruro de azufre (SF₆), cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos patentados por ORMAZABAL y denominados “conjuntos de unión”, consiguiendo una unión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas.

Las partes de estas celdas de media tensión son:

- Base y frente:

La altura y el diseño de esta base permiten el paso de cables entre celdas sin necesidad de foso, y presentan el mismo unifilar del circuito principal y ejes de accionamiento de la aparamenta a la altura idónea para su operación. Igualmente, la altura de esta base facilita la conexión de los cables frontales de la acometida.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda y los accesos de lámparas de señalización de tensión y el panel de acceso de los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

- Cuba:

La cuba fabricada de acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el embarrado, los elementos de maniobra y los elementos de corte. El gas SF₆ se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,3 bares. El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de 30 años, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de fases que, en caso de arco interno, permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con la ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, los cables, o la aparamenta del centro de transformación.

- Interruptor seccionador- seccionador de puesta a tierra:

El interruptor disponible en el sistema CGMCOSMOS tiene las tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra.



La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutaciones entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado), y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesta a tierra).

- Mando:

Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada.

- Fusibles (Celda CGMCOSMOS-P):

En las celdas CGMCOSMOS-P de protección mediante fusibles, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. Se montan de forma horizontal y en compartimentos independientes por fases. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se eleve, debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos.

- Conexión de cables:

La conexión de cables se realiza por la parte frontal, mediante unos pasatapas estándar.

- Enclavamientos:

Los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGMCOSMOS pretenden que:

- No se pueda cerrar simultáneamente el interruptor-seccionador y el seccionador de puesta a tierra.
- Se pueda abrir la tapa de acceso a los cables de media tensión únicamente con el seccionador de puesta a tierra conectado.
- Condicionar el acceso a la zona de cables/portafusibles.

- Características eléctricas:

Las características generales de las celdas CGMCOSMOS son las siguientes:

Tensión nominal (KV)	24
Onda de choque (KV)	
- Entre fases y tierra	125
- Distancia de seccionamiento	145
Frecuencia industrial 1 min (KV)	
- Entre fases y tierra	50
- Distancia de seccionamiento	60



En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmicas y dinámicas.

1.8.6.4. Características descriptivas de las celdas de media tensión

CGMCOSMOS-L. Celda de línea:

Celda con envolvente metálica de la marca ORMAZABAL, formada por un módulo de $V_n=24$ KV e $I_n=400$ A y 365 mm de ancho por 735 mm de fondo por 1740 mm de alto y 100 kg de peso.

La celda CGMCOSMOS-L de interruptor seccionador, o celda de línea, está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF₆, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida.

Permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de media tensión.

Otras características constructivas:

- Capacidad de ruptura:
 - Corriente principalmente activa: 400 A.
 - Falta a tierra: 63 A.
- Intensidad de cortocircuito: 16/20 KA.
- Capacidad de cierre: 40 KA.

CGMCOSMOS-P. Celda de protección con fusibles:

Celda con envolvente metálica de la marca ORMAZABAL, formada por un módulo $V_n=24$ KV e $I_n=400$ A y 470 mm de ancho por 735 mm de fondo por 1740 mm de alto y 150 Kg de peso.

La celda CGMCOSMOS-P de protección con fusibles está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF₆, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor.

Otras características constructivas:

- Capacidad de ruptura:
 - Corriente principalmente activa: 400 A.
 - Falta a tierra: 63 A.



- Intensidad de cortocircuito: 16/20 KA.
- Capacidad de cierre: 40 KA.
- Fusibles: 3x40 A.

CGMCOSMOS-M. Celda de medida:

Celda con envolvente metálica de la marca ORMAZABAL, formada por un módulo de $V_n=24$ KV y 800 mm de ancho por 1025 mm de fondo por 1740 mm de alto y 165 kg de peso.

La celda CGMCOSMOS-M de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas empresas suministradoras de electricidad. La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de la misma para garantizar la no manipulación de las conexiones.

La celda de medida CGMCOSMOS-M tiene:

- 2 juegos de barras tripolar $I_n=400$ A.
- 3 transformadores de tensión de relación 13200-22000/110, clase 0,5 de aislamiento 24 KV.
- 3 transformadores de intensidad de relación 15-30/5 A clase 0,5 de aislamiento 24 KV.
- Embarrado de puesta a tierra.

1.8.6.5. Características del transformador

El transformador a instalar en el centro de transformación será de la marca Ormazabal conectado con acoplamiento Dyn11. Será una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 13,2 KV, y la tensión a la salida de 400 V entre fases y 230 V entre fases y neutro.

La tecnología empleada será la de llenado integral para conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad evitando entrar en contacto con el aire lo menos posible, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la norma UNE-21428 y a las normas particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes:



- Potencia: 250 KVA.
- Tensión primaria: 13,2/20 KV.
- Refrigeración: ventilación natural.
- Aislamiento: aceite mineral.
- Cuba de aletas: llenado integral.

Equipo base:

- Pasatapas de media tensión de porcelana.
- Pasatapas de baja tensión de porcelana.
- Orificio de llenado.
- Conmutador de regulación maniobrable sin tensión.
- 2 cáncamos de elevación y desencubado.
- Dispositivo de vaciado y tomas de muestras.
- 4 ruedas.
- 2 tomas de puesta a tierra.

Características del transformador:

Potencia (KVA)	630
Tensión primaria (KV)	13.2/20
Tensión del secundario en vacío (V)	420
Grupo de conexión	Dyn11
Pérdidas en vacío (W)	530
Pérdidas en carga (W)	3250
Impedancia de cortocircuito (%)	4
Caída de tensión a plena carga (%)	1.37
Rendimiento (%)	98.51

Dimensiones del transformador:

Potencia (KVA)	630
Largo (mm)	1376
Ancho (mm)	930
Alto (mm)	915
Volumen de líquido aislante	260
Peso total (Kg)	1010

Para las medidas de seguridad a tomar en el centro de transformación, se colocarán rótulos indicadores, equipos de primeros auxilios, extintores, etc..., conforme a las normas del reglamento vigente de centros de transformación.



1.8.6.6. Cuadro auxiliar del centro de transformación

El cuadro auxiliar del centro de transformación se utiliza para alimentar el alumbrado, el alumbrado de emergencia y la toma de corriente monofásica que hay en el centro de transformación. Dentro de este hay un interruptor automático y un diferencial con las siguientes características:

- Interruptor automático de la marca Schneider:

- Calibre: 10 A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

- Interruptor diferencial de la marca Schneider:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

1.8.7. Instalación de puesta a tierra

Tierra de protección:

Para la elaboración de la tierra de protección se utiliza el “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

Los cálculos realizados para la elección de la tierra de protección quedan indicados en el documento cálculos. Al final se opta por un sistema de picas en rectángulo de 5x3 m, cuyo código de identificación es 50-30/8/82 de UNESA.

Se conectarán a la tierra de protección las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes de las celdas prefabricadas, cubas de los transformadores, envolventes metálicas de los cuadros de baja tensión...

Tierra de servicio:

Para la elaboración de la tierra de servicio se utiliza el “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.



Los cálculos realizados para la elección de la tierra de servicio quedan indicados en el documento cálculos. Al final se opta por un sistema de 4 picas en hilera separadas 3 metros unas de otras cuyo código de identificación es 8/42 de UNESA.

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Tierras interiores:

Su misión es poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a tierra con sus correspondientes tierras exteriores. La tierra interior de protección se realizará con cable de cobre desnudo de 50 mm², formando un anillo y al final de este una caja de seccionamiento. La tierra interior de servicio se realizará con cable de cobre aislado de 50 mm² de sección, formando una anillo y al final de este una caja de seccionamiento.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de protección y de servicio estarán separadas 1 m como mínimo.

1.8.8. Instancias

Las celdas de media tensión de este proyecto, se construyen en serie, y cumplen con lo indicado por el Ministerio de Industria, de acuerdo con la orden 11-1971.

1.8.9. Aparatos de media tensión

Todos los aparatos que se pretendan colocar en el centro de transformación están previstos para una tensión nominal de 20 KV, con lo que cumplen las prescripciones del reglamento.

1.8.10. Aislamiento

Todos los elementos que se utilizan en el montaje de la instalación de alta tensión, estarán diseñados según la técnica de aislamiento pleno. Siendo 20 KV, el valor eficaz de la tensión nominal de servicio y de 24 KV, el valor eficaz de la tensión más elevada de la red entre fases, deberán soportar sin fallo alguno los siguientes ensayos:

- 125 KV (cresta) tensión de ensayo soportada al choque con onda 1,2/50 μ s.
- 50 KV (valor eficaz) tensión soportada durante un minuto a 50 Hz.



1.8.11. Instalaciones auxiliares del centro de transformación

- Alumbrado:

Para el alumbrado del centro de transformación se ha optado por poner dos luminarias Philips TMW405 1xTL-D36W MB TRA. Estas se accionarán mediante un interruptor colocado al lado de la puerta de entrada.

Las luminarias se ubicarán de tal forma que se mantenga una buena uniformidad en la iluminación. Además se deberá poder efectuar la sustitución de las lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Para el alumbrado de emergencia se ha optado por una luminaria Primalum OVA37037E de 65 lm y 6 W de la marca Schneider, no permanente con señalización, la cual señalará la salida.

- Toma de corriente:

Se colocará una toma de corriente monofásica.

- Ventilación:

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural mediante las rejillas de entrada y salida colocadas en el centro de transformación. El edificio dispondrá de una rejilla de entrada de aire en la parte inferior de la puerta de dimensiones 1228x642 mm (0,79 m²) y de dos rejillas más de entrada de aire en la parte inferior de la pared derecha de dimensiones 766x642 mm (0,49 m²) cada una. Por lo tanto, la suma de las tres rejillas de entrada da una superficie de 1,77 m². Para las rejillas de salida de aire, el edificio trae una rejilla en la parte trasera, enfrente a la de la puerta y de las mismas dimensiones. Además se decide colocar dos rejillas en la parte superior de la pared izquierda de dimensiones 766x642 mm (0,49 m²) cada una. Por lo tanto, la suma de las tres rejillas de salida da una superficie de 1,77 m².

Estas rejillas estarán protegidas mediante una tela metálica con el fin de impedir el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentados con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

- Elementos de seguridad:

Como elementos de seguridad en el centro de transformación, se tendrá un equipo auxiliar que estará formado por un par de guantes aislantes, una banqueta aislante, un cuadro de primeros auxilios y un cartel de primeros auxilios para el caso de que ocurriese un accidente eléctrico.



1.9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

El total del presente proyecto asciende a la cantidad de **TRESCIENTOS SESENTA Y UN MIL, NOVECIENTOS VEINTITRES EUROS CON SEISCIENTOS TREINTA Y OCHO CENTIMOS**

Pamplona, a 30 abril del 2014

EL INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL

JAVIER AGUIRRE MUNIAIN



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACION ELÉCTRICA EN BAJA TENSION CON
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UN TRUJAL DE
ACEITE

CÁLCULOS

Javier Aguirre Muniain

José Javier Crespo

Pamplona, 30/04/2014



2.1. FORMULAS	4
2.1.1. Principales	4
2.1.2. Conductividad eléctrica	4
2.1.3. Sobrecargas	5
2.1.4. Compensación energía reactiva	5
2.1.5. Cortocircuito	5
2.1.6. Embarrados	5
2.1.6.1 Cálculo electrodinámico	7
2.1.6.2 Comprobación por solicitud térmica en cortocircuito	7
2.1.7. Resistencia Tierra	7
2.1.7.1 Placa enterrada	8
2.1.7.2 Pica vertical	8
2.1.7.3 Conductor enterrado horizontalmente	8
2.1.7.4 Asociación en paralelo de varios electrodos	8
2.2. DERIVACIÓN INDIVIDUAL	9
2.2.1 Demanda de potencias	9
2.2.2 Cálculo de la derivación individual	9
2.3 CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN	10
2.3.1 Demanda de potencias	10
2.3.2 Cálculo de la línea de oficina a tienda	10
2.3.3 Línea de emergencia oficina zona 1	11
2.3.3.1 Subcuadro laboratorio + oficina + vestuarios	11
2.3.3.2 Subcuadro ala de caldera y huesos	12
2.3.3.3 Subcuadro Emergencias pl1	13
2.3.4 Línea TC ofi nave	13
2.3.5 Línea de alumbrado exterior	15
2.3.5.1 subcuadro de alumbrado ZONA1	16
2.3.5.2 subcuadro de alumbrado ZONA 2	16
2.3.6 Línea del subcuadro de ZONA 2	16
2.3.7 Línea del aire acondicionado	17
2.3.8 Línea de la sala de recepción	18
2.3.9 Moturado 1	18
2.3.10 Moturado 2	19
2.3.11 Línea de fuerza de la recepción	19
2.3.11.1 Subcuadro CF1SR	19
2.3.11.2 Subcuadro CF2SR	23
2.3.11.3 Subcuadro CF3SR	26
2.3.12 Línea de alumbrado de la recepción	30
2.3.12.1 Subcuadro A1 SR	30
2.3.12.2 Subcuadro A2 SR	31
2.3.12.3 Subcuadro emergencia de recepción	31
2.3.13 Línea de alumbrado de moturado	32
2.3.13.1 Subcuadro A1 M	32
2.3.13.2 Subcuadro A2 M	33
2.3.13.3 Subcuadro de emergencias de moturado	34
2.3.14 Línea de fuerza de sala de moturado	34



2.3.14.1 Subcuadro CF1M	35
2.3.14.2 Subcuadro CF2M	38
2.3.15 Compensación de energía reactiva	42
2.4 OFICINAS Y TIENDA	43
2.4.1. Cálculo de la línea general a oficinas y tienda	43
2.4.2 Cuadro de oficinas y tienda	44
2.4.2.1 Demanda de potencias	44
2.4.2.2 Cálculo de las líneas del subcuadro	44
2.5 ZONA 2	53
2.5.1 Cálculo de la línea del general al cuadro	53
2.5.2 Cuadro de zona 2	53
2.5.2.1 Demanda de potencias	53
2.5.2.2 Línea de fuerza del almacén	54
2.5.2.2.1 Subcuadro CF1A	54
2.5.2.3 Línea de fuerza de la sala de depósitos	58
2.5.2.3.1 Subcuadro CF1D	58
2.5.2.3.2 Subcuadro CF2D	60
2.5.2.3.3 Subcuadro CF3D	65
2.5.2.3.4 Subcuadro CF4D	69
2.5.2.4 Línea de alumbrado del almacén de expedición	72
2.5.2.4.1 Subcuadro A1AE	73
2.5.2.4.2 Subcuadro A2AE	73
2.5.2.4.2 Subcuadro de emergencia AE	74
2.5.2.5 Línea de alumbrado de embotellado	74
2.5.2.5.1 A1EMB	75
2.5.2.5.2 Emer. Embotellado	75
2.5.2.6 Línea de alumbrado de la sala de depósito	76
2.5.2.6.1 A1 DEPO	76
2.5.2.6.2 A2 DEPO	77
2.5.2.6.3 A3 DEPO	78
2.5.2.6.4 Emergencia depósitos	78
2.5.2.7 Línea de alumbrado del almacén	79
2.5.2.7.1 a1 alma	79
2.5.2.7.2 a2 alma	80
2.5.2.7.3 a3 alma	81
2.5.2.8 Línea de fuerza del almacén de expedición	81
2.5.2.8.1 CF1E	82
2.5.2.8.2 CF2E	85
2.6. INSTALACIÓN PUESTA A TIERRA	89
2.6.1. Investigación del terreno	89
2.6.2. Cálculo de la resistencia de tierra	89
2.6.3. Sección del cable de tierra y conductor de protección	91
2.6.4. Punto de puesta a tierra	91



2.7. CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	92
2.7.1. Intensidad en alta tensión	92
2.7.2. Intensidad en baja tensión	92
2.7.3. Intensidades de cortocircuito	92
2.7.3.1. Intensidad de cortocircuito en el lado de alta tensión	92
2.7.3.2. Intensidad de cortocircuito en el lado de baja tensión	93
2.7.4. Conexión celdas-transformador	93
2.7.5. Conexión del secundario del transformador al cuadro de baja tensión	94
2.7.6. Cálculo de la ventilación del centro de transformación	94
2.7.7. Dimensionamiento del pozo apagafuegos	95
2.7.8. Instalaciones del centro de transformación	96
2.7.8.1. Iluminación	96
2.7.8.2. Iluminación de emergencia	96
2.7.8.3. Cuadro auxiliar de baja tensión del centro de transformación	97
2.7.8.4. Dimensionamiento de los cables del cuadro auxiliar de B.T. del	98
C.T	
2.7.9. Cálculo de la instalación de puesta a tierra	99
2.7.9.1. Introducción	99
2.7.9.2. Tierra de protección	100
2.7.9.3. Tierra de servicio	101
2.7.9.4. Resistencia de la tierra de protección	102
2.7.9.5. Resistencia de la tierra de servicio	103
2.7.9.6. Tensiones en el exterior de la instalación	103
2.7.9.7. Tensiones en el interior de la instalación	103
2.7.9.8. Tensiones aplicadas	104
2.7.9.9. Tensiones transferidas al exterior	105
2.7.9.10. Corrección y ajuste si procede	105
2.8. TABLAS	106-113



2.1 FÓRMULAS

2.1.1 Principales

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

$$I = P_c / 1,732 \times U \times \cos\phi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times P_c \times X_u \times \sin\phi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\phi) \\ = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

$$I = P_c / U \times \cos\phi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (2 \times L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (2 \times L \times P_c \times X_u \times \sin\phi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\phi) \\ = \text{voltios (V)}$$

En donde:

P_c = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm².

$\cos\phi$ = Coseno de ϕ . Factor de potencia.

R = Rendimiento. (Para líneas motor).

n = N° de conductores por fase.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en mΩ/m.

2.1.2 Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20}[1 + \alpha (T - 20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\max} - T_0) (I/I_{\max})^2]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T .

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T .

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C.

$$Cu = 0.018$$

$$Al = 0.029$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.00392$$

$$Al = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T_0 = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T_{\max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C



$$PVC = 70^{\circ}C$$

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

2.1.3 Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b: intensidad utilizada en el circuito.

I_z: intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523.

I_n: intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida.

I₂: intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I₂ se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 I_n como máximo).
- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 I_n).

2.1.4 Fórmulas compensación energía reactiva

$$\cos\phi = P/\sqrt{(P^2 + Q^2)}.$$

$$\tan\phi = Q/P.$$

$$Q_c = P(\tan\phi_1 - \tan\phi_2).$$

$$C = Q_c \times 1000 / U^2 \times \omega; \text{ (Monofásico - Trifásico conexión estrella).}$$

$$C = Q_c \times 1000 / 3 \times U^2 \times \omega; \text{ (Trifásico conexión triángulo).}$$

Siendo:

P = Potencia activa instalación (kW).

Q = Potencia reactiva instalación (kVAr).

Q_c = Potencia reactiva a compensar (kVAr).

φ₁ = Angulo de desfase de la instalación sin compensar.

φ₂ = Angulo de desfase que se quiere conseguir.

U = Tensión compuesta (V).

$$\omega = 2\pi f; f = 50 \text{ Hz.}$$

C = Capacidad condensadores (F); $\times 1000000(\mu F)$.

2.1.5 Fórmulas Cortocircuito

$$* I_{pccI} = C_t U / \sqrt{3} Z_t$$

Siendo,

I_{pccI}: intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_t: Coeficiente de tensión.

U: Tensión trifásica en V.

Z_t: Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).



$$* I_{pccF} = C_t U_F / 2 Z_t$$

Siendo,

I_{pccF} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_t : Coeficiente de tensión.

U_F : Tensión monofásica en V.

Z_t : Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

Siendo,

R_t : $R_1 + R_2 + \dots + R_n$ (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_t : $X_1 + X_2 + \dots + X_n$ (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$R = L \cdot 1000 \cdot C_R / K \cdot S \cdot n$ (mohm)

$X = X_u \cdot L / n$ (mohm)

R : Resistencia de la línea en mohm.

X : Reactancia de la línea en mohm.

L : Longitud de la línea en m.

C_R : Coeficiente de resistividad.

K : Conductividad del metal.

S : Sección de la línea en mm².

X_u : Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n : nº de conductores por fase.

$$* t_{mcicc} = C_c \cdot S^2 / I_{pccF}^2$$

Siendo,

t_{mcicc} : Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una I_{pcc} .

C_c : Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S : Sección de la línea en mm².

I_{pccF} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$* t_{ficc} = cte. fusible / I_{pccF}^2$$

Siendo,

t_{ficc} : tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

I_{pccF} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$* L_{max} = 0,8 U_F / 2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}$$



Siendo,

L_{max} : Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

U_F : Tensión de fase (V)

K : Conductividad

S : Sección del conductor (mm^2)

X_u : Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n : nº de conductores por fase

$C_t = 0,8$: Es el coeficiente de tensión.

$C_R = 1,5$: Es el coeficiente de resistencia.

I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

* Curvas válidas. (Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B	$IMAG = 5 I_n$
CURVA C	$IMAG = 10 I_n$
CURVA D Y MA	$IMAG = 20 I_n$

2.1.6 Fórmulas Embarrados

2.1.6.1 Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n)$$

Siendo,

σ_{max} : Tensión máxima en las pletinas (kg/cm^2)

I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. (kA)

L : Separación entre apoyos (cm)

d : Separación entre pletinas (cm)

n : nº de pletinas por fase

W_y : Módulo resistente por pletina eje y-y (cm^3)

σ_{adm} : Tensión admisible material (kg/cm^2)

2.1.6.2 Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{cccs} = K_c \cdot S / (\sqrt{t_{cc}})$$

Siendo,

I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. (kA)

I_{cccs} : Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. (kA)

S : Sección total de las pletinas (mm^2)

t_{cc} : Tiempo de duración del cortocircuito (s)

K_c : Constante del conductor: Cu = 164, Al = 107



2.1.7 Fórmulas Resistencia Tierra

2.1.7.1 Placa enterrada

$$R_t = 0,8 \cdot \rho / P$$

Siendo,

R_t: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)

P: Perímetro de la placa (m)

2.1.7.2 Pica vertical

$$R_t = \rho / L$$

Siendo,

R_t: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)

L: Longitud de la pica (m)

2.1.7.3 Conductor enterrado horizontalmente

$$R_t = 2 \cdot \rho / L$$

Siendo,

R_t: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)

L: Longitud del conductor (m)

2.1.7.4 Asociación en paralelo de varios electrodos

$$R_t = 1 / (L_c/2\rho + L_p/\rho + P/0,8\rho)$$

Siendo,

R_t: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)

L_c: Longitud total del conductor (m)

L_p: Longitud total de las picas (m)

P: Perímetro de las placas (m)



2.2 DERIVACIÓN INDIVIDUAL

2.2.1 Demanda de potencias

- Potencia total instalada:

OFICINAS Y TIENDA	10738 W
LABO+OFI+VEST	712 W
SALA CALD+ HUESO	864 W
EMER PLA PRIM	210 W
T.C. OFI NAVE	1235 W
ALUM. EXTE. DECOR	1200 W
EXTERIOR ZONA 1	630 W
EXTERIOR ZONA 2	630 W
Subcua. ZONA 2	66590 W
AIRE ACONDICIONA	10000 W
SALA RECEPCIÓN	40000 W
MOTURADO 1	90000 W
MOTURADO 2	90000 W
LIN FUE SALA RECEP	24000 W
A1 SR	1600 W
A2 SR	1200 W
EMER SALA RECEPC	330 W
A1 M	1200 W
A2 M	1200 W
EMER MOTURADO	150 W
LIN FUE SALA MOLTU	16000 W
TOTAL....	358489 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 24794
- Potencia Instalada Fuerza (W): 333695
- Potencia Máxima Admisible (W): 287650.56

2.2.2 Cálculo de la DERIVACION INDIVIDUAL

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 22 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 358489 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
264591.72 W.(Coef. de Simult.: 0.7)

$$I=264591.72/1,732 \times 400 \times 0.8=477.4 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2(3x120/70+TTx70)mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)



I.ad. a 40°C (Fc=1) 560 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 76.34

$e(\text{parcial}) = 70 \times 264591.72 / 45.51 \times 400 \times 2 \times 120 = 4.24 \text{ V.} = 1.06 \%$

$e(\text{total}) = 1.06\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 630 A. Térmico reg. Int.Reg.: 519 A.

2.3. CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCION

2.3.1. Demanda de potencias

Potencia total instalada:

OFICINAS Y TIENDA	10738 W
LABO+OFI+VEST	712 W
SALA CALD+ HUESO	864 W
EMER PLA PRIM	210 W
T.C. OFI NAVE	1235 W
ALUM. EXTE. DECOR	1200 W
EXTERIOR ZONA 1	630 W
EXTERIOR ZONA 2	630 W
Subcua. ZONA 2	66590 W
AIRE ACONDICIONA	10000 W
SALA RECEPCIÓN	40000 W
MOTURADO 1	90000 W
MOTURADO 2	90000 W
LIN FUE SALA RECEP	24000 W
A1 SR	1600 W
A2 SR	1200 W
EMER SALA RECEPC	330 W
A1 M	1200 W
A2 M	1200 W
EMER MOTURADO	150 W
LIN FUE SALA MOLTU	16000 W
TOTAL....	358489 W

2.3.2. Cálculo línea oficina y tienda

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 55 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 10738 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
13920.4 W.(Coef. de Simult.: 1)



$$I=13920.4/1,732 \times 400 \times 0.8=25.12 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión

Temperatura cable (°C): 58.48

$$e(\text{parcial})=55 \times 13920.4/48.27 \times 400 \times 6=6.61 \text{ V.}=1.65 \%$$

$$e(\text{total})=2.71\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección Térmica en Principio de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Protección Térmica en Final de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Protección diferencial en Principio de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 300 mA

2.3.3.Línea Emergencia oficinas zona 1

Cálculo de la Línea: EMER OFI ZONA1

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 1786 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
3118.8 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=3118.8/230 \times 0.8=16.95 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x4mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 31 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 48.97

$$e(\text{parcial})=2 \times 0.3 \times 3118.8/49.89 \times 230 \times 4=0.04 \text{ V.}=0.02 \%$$

$$e(\text{total})=1.08\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

2.3.3.1 Cálculo de la Línea: LABO+OFI+VEST

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 52 m; Cos ϕ : 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;



- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Longitud(m)		23	4	6	4	4.5	3	2	2	3.5
P.des.nu.(W)		50	50	116	116	116	0	0	72	72
P.inc.nu.(W)		0	0	0	0	0	60	60	0	0

- Potencia a instalar: 712 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

$$592 \times 1.8 + 120 = 1185.6 \text{ W.}$$

$$I = 1185.6 / 230 \times 1 = 5.15 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.81

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 39.02 \times 1185.6 / 51.18 \times 230 \times 2.5 = 3.14 \text{ V.} = 1.37 \%$$

$$e(\text{total}) = 2.44\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.3.3.2. Cálculo de la Línea: SALA CALD+ HUESO

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 55.7 m; Cos φ: 1; Xu(mΩ/m): 0;

- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Longitud(m)		30	2	2	3.5	2	2	3.5	2	2	2.7
P.des.nu.(W)		72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
P.inc.nu.(W)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tramo	11	12
Longitud(m)	2	2
P.des.nu.(W)	72	72
P.inc.nu.(W)	0	0

- Potencia a instalar: 864 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

$$864 \times 1.8 = 1555.2 \text{ W.}$$

$$I = 1555.2 / 230 \times 1 = 6.76 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19



Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.11

$e(\text{parcial}) = 2 \times 43.05 \times 1555.2 / 50.94 \times 230 \times 2.5 = 4.57 \text{ V.} = 1.99 \%$

$e(\text{total}) = 3.07\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.3.3.3. Cálculo de la Línea: EMER PLA 1

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 53.5 m; Cos ϕ : 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7	
Longitud(m)	23	2	4	2	8	6.5	8	
P.des.nu.(W)	30	30	30	30	30	30	30	
P.inc.nu.(W)	0	0	0	0	0	0	0	

- Potencia a instalar: 210 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

$210 \times 1.8 = 378 \text{ W.}$

$I = 378 / 230 \times 1 = 1.64 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c = 1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.18

$e(\text{parcial}) = 2 \times 35.14 \times 378 / 51.48 \times 230 \times 2.5 = 0.9 \text{ V.} = 0.39 \%$

$e(\text{total}) = 1.47\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.3.4. Cálculo de la Línea: T.C. OFI NAVE

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 129 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Longitud(m)	10	10	6	1	3	7	1	7	1	3	
Pot.nudo(W)	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	



Tramo	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Longitud(m)		10	3	15	25	3	6	6	6	6
Pot.nudo(W)		65	65	65	65	65	65	65	65	65

- Potencia a instalar: 1235 W.
- Potencia de cálculo: 1235 W.

$$I=1235/230 \times 0.8=6.71 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.06

$$e(\text{parcial})=2 \times 63.84 \times 1235 / 50.95 \times 230 \times 2.5 = 5.38 \text{ V.} = 2.34 \%$$

$$e(\text{total})=3.4\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: ALUM. EXTE. DECOR

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: D-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 126 m; Cos ϕ : 1; Xu(mΩ/m): 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3
Longitud(m)	49	43	34
P.des.nu.(W)	400	400	400
P.inc.nu.(W)	0	0	0

- Potencia a instalar: 1200 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
1200x1.8=2160 W.

$$I=2160/1,732 \times 400 \times 1=3.12 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 25°C (Fc=1) 37 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 50 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.21

$$e(\text{parcial})=89 \times 2160 / 51.48 \times 400 \times 6 = 1.56 \text{ V.} = 0.39 \%$$

$$e(\text{total})=1.45\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$



Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

2.3.5. Cálculo de la Línea: ALUM. EXTERIOR

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 0.3 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1260 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
2268 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=2268/1,732 \times 400 \times 0.8=4.09 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 18.5 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.47

$$e(\text{parcial})=0.3 \times 2268 / 51.24 \times 400 \times 2.5=0.01 \text{ V.}=0 \%$$

$$e(\text{total})=1.06\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

2.3.5.1. Cálculo de la Línea: EXTERIOR ZONA 1

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 133 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Longitud(m)	7	18	12	18	12	12	12	18	18	18
P.des.nu.(W)	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
P.inc.nu.(W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Potencia a instalar: 630 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
630x1.8=1134 W.

$$I=1134/230 \times 1=4.93 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19



Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.65

$e(\text{parcial}) = 2 \times 68.33 \times 1134 / 51.21 \times 230 \times 2.5 = 5.26 \text{ V.} = 2.29 \%$

$e(\text{total}) = 3.35\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.3.5.2. Cálculo de la Línea: EXTERIOR ZONA 2

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 164 m; Cos ϕ : 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Longitud(m)	35	17	7	17	17	17	17	18	18	18
P.des.nu.(W)	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
P.inc.nu.(W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Potencia a instalar: 630 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

$630 \times 1.8 = 1134 \text{ W.}$

$I = 1134 / 230 \times 1 = 4.93 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.65

$e(\text{parcial}) = 2 \times 95.89 \times 1134 / 51.21 \times 230 \times 2.5 = 7.39 \text{ V.} = 3.21 \%$

$e(\text{total}) = 4.27\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.3.7. Cálculo de la Línea: AIRE ACONDICIONA

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 60 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Datos por tramo

Tramo	1
Longitud(m)	60
Pot.nudo(kW)	10



- Potencia a instalar: 10000 W.
- Potencia de cálculo: 10000 W.

$$I=10000/1,732 \times 400 \times 0.8=18.04 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x4+TTx4mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 24 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 56.96

$$e(\text{parcial})=60 \times 10000 / 48.53 \times 400 \times 4=7.73 \text{ V.}=1.93 \%$$

$$e(\text{total})=2.99\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 20 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

2.3.8.Cálculo de la Línea: SALA RECEPCIÓN

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 70 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;
- Datos por tramo

Tramo 1

Longitud(m) 70

Pot.nudo(kW) 40

- Potencia a instalar: 40000 W.
- Potencia de cálculo: 40000 W.

$$I=40000/1,732 \times 400 \times 0.8=72.17 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x25+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 77 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 50 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 66.36

$$e(\text{parcial})=70 \times 40000 / 47.01 \times 400 \times 25=5.96 \text{ V.}=1.49 \%$$

$$e(\text{total})=2.55\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 100 A. Térmico reg. Int.Reg.: 75 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC.

**2.3.9.Cálculo de la Línea: MOTURADO 1**

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 60 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Datos por tramo
Tramo 1
Longitud(m) 60
Pot.nudo(kW) 90

- Potencia a instalar: 90000 W.
- Potencia de cálculo: 90000 W.

$$I=90000/1,732 \times 400 \times 0.8=162.38 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x95+TTx50mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 180 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 75 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 64.42

$$e(\text{parcial})=60 \times 90000 / 47.32 \times 400 \times 95=3 \text{ V.}=0.75 \%$$

$$e(\text{total})=1.81\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 250 A. Térmico reg. Int.Reg.: 171 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC.

2.3.9. Cálculo de la Línea: MOTURADO 2

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 65 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Datos por tramo
Tramo 1
Longitud(m) 65
Pot.nudo(kW) 90

- Potencia a instalar: 90000 W.
- Potencia de cálculo: 90000 W.

$$I=90000/1,732 \times 400 \times 0.8=162.38 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x95+TTx50mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 180 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 75 mm.



Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 64.42

$e(\text{parcial}) = 65 \times 90000 / 47.32 \times 400 \times 95 = 3.25 \text{ V.} = 0.81 \%$

$e(\text{total}) = 1.87\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 250 A. Térmico reg. Int.Reg.: 171 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC.

2.3.11. Cálculo de la Línea: LIN FUE SALA RECEP

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 44 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	
Longitud(m)		15	4	25
Pot.Ins.(W)		24000	16000	8000
Pot.Cal.(W)		24000	16000	8000
Subcuadro		CF1 SR	CF2 SR	CF3 SR

- Potencia a instalar: 24000 W.

- Potencia de cálculo:

24000 W.(Coef. de Simult.: 1)

$I = 24000 / 1.732 \times 400 \times 0.8 = 43.3 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 59 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 56.16

$e(\text{parcial}) = 26 \times 24000 / 48.66 \times 400 \times 16 = 2 \text{ V.} = 0.5 \%$

$e(\text{total}) = 1.56\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 50 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

2.3.11.1. Cálculo de la Línea: CF1 SR

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 8 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;



- Potencia a instalar: 8000 W.
- Potencia de cálculo:
8000 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=8000/1,732 \times 400 \times 0.8=14.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 59 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.8

$$e(\text{parcial})=8 \times 8000 / 51.18 \times 400 \times 16=0.2 \text{ V.}=0.05 \%$$

$$e(\text{total})=1.61\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial en Final de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

SUBCUADRO CF1 SR

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

TOMA TRIFASICA 32A	3000 W
TOMA TRIFASICA 16A	3000 W
TOMA 16A	1000 W
TOMA 16A	1000 W
TOTAL....	8000 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 8000

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 32A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:



Temperatura cable (°C): 40.86

$e(\text{parcial}) = 10 \times 3000 / 51.36 \times 400 \times 6 = 0.24 \text{ V.} = 0.06 \%$

$e(\text{total}) = 1.67\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 16A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$I = 3000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 5.41 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 18.5 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.57

$e(\text{parcial}) = 10 \times 3000 / 51.04 \times 400 \times 2.5 = 0.59 \text{ V.} = 0.15 \%$

$e(\text{total}) = 1.76\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$I = 1000 / 230 \times 0.8 = 5.43 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$e(\text{parcial}) = 2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5 = 0.68 \text{ V.} = 0.3 \%$

$e(\text{total}) = 1.91\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$



Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5 = 0.68 \text{ V.} = 0.3 \%$$

$$e(\text{total})=1.91\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

CÁLCULO DE EMBARRADO CF1 SR

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- n° pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm²): 24
- Ancho (mm): 12
- Espesor (mm): 2
- W_x, I_x, W_y, I_y (cm³, cm⁴): 0.048, 0.0288, 0.008, 0.0008
- I. admisible del embarrado (A): 110

a) Cálculo electrodinámico



$$\sigma_{\max} = I_{\text{pcc}}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 1.69^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.008 \cdot 1) = 370.37$$

$$\leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{\text{cal}} = 14.43 \text{ A}$$

$$I_{\text{adm}} = 110 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{\text{pcc}} = 1.69 \text{ kA}$$

$$I_{\text{ccs}} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{\text{cc}}}) = 164 \cdot 24 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 5.57 \text{ kA}$$

2.3.11.2. Cálculo de la Línea: CF2 SR

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 8 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 8000 W.
- Potencia de cálculo:
8000 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I = 8000 / 1.732 \times 400 \times 0.8 = 14.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 59 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.8

$$e(\text{parcial}) = 8 \times 8000 / 51.18 \times 400 \times 16 = 0.2 \text{ V.} = 0.05 \%$$

$$e(\text{total}) = 1.61\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial en Final de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

SUBCUADRO CF2 SR

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

TOMA TRIFASICA 32A	3000 W
TOMA TRIFASICA 16A	3000 W
TOMA 16A	1000 W
TOMA 16A	1000 W



TOTAL....

8000 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 8000

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 32A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.86

$$e(\text{parcial})=10 \times 3000 / 51.36 \times 400 \times 6=0.24 \text{ V.}=0.06 \%$$

$$e(\text{total})=1.67\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 16A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 18.5 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.57

$$e(\text{parcial})=10 \times 3000 / 51.04 \times 400 \times 2.5=0.59 \text{ V.}=0.15 \%$$

$$e(\text{total})=1.76\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5 = 0.68 \text{ V.} = 0.3 \%$$

$$e(\text{total})=1.91\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5 = 0.68 \text{ V.} = 0.3 \%$$

$$e(\text{total})=1.91\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

CÁLCULO DE EMBARRADO CF2 SRDatos



- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm²): 24
- Ancho (mm): 12
- Espesor (mm): 2
- W_x, I_x, W_y, I_y (cm³, cm⁴): 0.048, 0.0288, 0.008, 0.0008
- I. admisible del embarrado (A): 110

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = I_{\text{pcc}}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 1.69^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.008 \cdot 1) = 370.37$$

<= 1200 kg/cm² Cu

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{\text{cal}} = 14.43 \text{ A}$$

$$I_{\text{adm}} = 110 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{\text{pcc}} = 1.69 \text{ kA}$$

$$I_{\text{cccs}} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{\text{cc}}}) = 164 \cdot 24 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 5.57 \text{ kA}$$

2.3.11.3. Cálculo de la Línea: CF3 SR

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 8 m; Cos φ: 0.8; X_u(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 8000 W.
- Potencia de cálculo:
8000 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I = 8000 / (1.732 \times 400 \times 0.8) = 14.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (F_c=1) 59 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.



Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.8

$e(\text{parcial}) = 8 \times 8000 / 51.18 \times 400 \times 16 = 0.2 \text{ V.} = 0.05 \%$

$e(\text{total}) = 1.61\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Protección diferencial en Final de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

SUBCUADRO CF3 SR

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

TOMA TRIFASICA 32A	3000 W
TOMA TRIFASICA 16A	3000 W
TOMA 16A	1000 W
TOMA 16A	1000 W
TOTAL....	8000 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 8000

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 32A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$I = 3000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 5.41 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.86

$e(\text{parcial}) = 10 \times 3000 / 51.36 \times 400 \times 6 = 0.24 \text{ V.} = 0.06 \%$

$e(\text{total}) = 1.67\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 16A



- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $4 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 18.5 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.57

$$e(\text{parcial})=10 \times 3000 / 51.04 \times 400 \times 2.5=0.59 \text{ V.}=0.15 \%$$

$$e(\text{total})=1.76\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5=0.68 \text{ V.}=0.3 \%$$

$$e(\text{total})=1.91\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.



- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5 = 0.68 \text{ V.} = 0.3 \%$$

$$e(\text{total})=1.91\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

CÁLCULO DE EMBARRADO CF3 SR

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm²): 24
- Ancho (mm): 12
- Espesor (mm): 2
- W_x, I_x, W_y, I_y (cm³, cm⁴): 0.048, 0.0288, 0.008, 0.0008
- I. admisible del embarrado (A): 110

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 1.69^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.008 \cdot 1) = 370.37$$

$$<= 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{cal} = 14.43 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 110 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito



$$I_{pcc} = 1.69 \text{ kA}$$

$$I_{cccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}) = 164 \cdot 24 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 5.57 \text{ kA}$$

2.3.12. Cálculo de la Línea: ALUM SALA RECEP

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3130 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
5634 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I = 5634 / 1.732 \times 400 \times 0.8 = 10.17 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 47.03

$$e(\text{parcial}) = 0.3 \times 5634 / 50.23 \times 400 \times 2.5 = 0.03 \text{ V.} = 0.01 \%$$

$$e(\text{total}) = 1.07\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

2.3.12.1 Cálculo de la Línea: A1 SR

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 30.3 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4
Longitud(m)	4	9	9	8.3
P.des.nu.(W)	400	400	400	400
P.inc.nu.(W)	0	0	0	0

- Potencia a instalar: 1600 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
1600x1.8=2880 W.

$$I = 2880 / 230 \times 1 = 12.52 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.



Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 50.67

$e(\text{parcial}) = 2 \times 17.33 \times 2880 / 49.59 \times 230 \times 2.5 = 3.5 \text{ V} = 1.52 \%$

$e(\text{total}) = 2.59\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

2.3.12.2. Cálculo de la Línea: A2 SR

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 39 m; Cos ϕ : 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3
Longitud(m)	10	9	20
P.des.nu.(W)	400	400	400
P.inc.nu.(W)	0	0	0

- Potencia a instalar: 1200 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $1200 \times 1.8 = 2160 \text{ W}.$

$I = 2160 / 230 \times 1 = 9.39 \text{ A}.$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c = 1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 46

$e(\text{parcial}) = 2 \times 22.67 \times 2160 / 50.42 \times 230 \times 2.5 = 3.38 \text{ V} = 1.47 \%$

$e(\text{total}) = 2.54\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.3.12.3. Cálculo de la Línea: EMER SALA RECEPC

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 127 m; Cos ϕ : 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Longitud(m)	2	11	12	12	15	15	12	12	12	12
P.des.nu.(W)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
P.inc.nu.(W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Tramo 11
Longitud(m) 12
P.des.nu.(W) 30
P.inc.nu.(W) 0

- Potencia a instalar: 330 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $330 \times 1.8 = 594 \text{ W.}$

$$I = 594 / 230 \times 1 = 2.58 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K
I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 40.45

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 64.64 \times 594 / 51.43 \times 230 \times 2.5 = 2.6 \text{ V.} = 1.13 \%$$

$$e(\text{total}) = 2.2\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.3.13.Cálculo de la Línea: ALUM MOTURADO

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; $\cos \phi$: 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 2550 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $4590 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$

$$I = 4590 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 8.28 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $4 \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K
I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 44.67

$$e(\text{parcial}) = 0.3 \times 4590 / 50.66 \times 400 \times 2.5 = 0.03 \text{ V.} = 0.01 \%$$

$$e(\text{total}) = 1.07\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

2.3.13.1.Cálculo de la Línea: A1 M

- Tensión de servicio: 230 V.



- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 34.25 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3
Longitud(m)	20	8	6.25
P.des.nu.(W)	400	400	400
P.inc.nu.(W)	0	0	0

- Potencia a instalar: 1200 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $1200 \times 1.8 = 2160$ W.

$$I = 2160 / 230 \times 1 = 9.39 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 46

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 27.42 \times 2160 / 50.42 \times 230 \times 2.5 = 4.09 \text{ V.} = 1.78 \%$$

$$e(\text{total}) = 2.84\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.3.13.2.Cálculo de la Línea: A2 M

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 41.25 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3
Longitud(m)	27	8	6.25
P.des.nu.(W)	400	400	400
P.inc.nu.(W)	0	0	0

- Potencia a instalar: 1200 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $1200 \times 1.8 = 2160$ W.

$$I = 2160 / 230 \times 1 = 9.39 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:



Temperatura cable (°C): 46

$e(\text{parcial}) = 2 \times 34.42 \times 2160 / 50.42 \times 230 \times 2.5 = 5.13 \text{ V.} = 2.23 \%$

$e(\text{total}) = 3.3\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.3.13.3. Cálculo de la Línea: EMER MOTURADO

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 92 m; Cos ϕ : 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	
Longitud(m)		20	10	22	15	25
P.des.nu.(W)		30	30	30	30	30
P.inc.nu.(W)		0	0	0	0	0

- Potencia a instalar: 150 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

$150 \times 1.8 = 270 \text{ W.}$

$I = 270 / 230 \times 1 = 1.17 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.09

$e(\text{parcial}) = 2 \times 52.2 \times 270 / 51.5 \times 230 \times 2.5 = 0.95 \text{ V.} = 0.41 \%$

$e(\text{total}) = 1.48\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.3.14. Cálculo de la Línea: LIN FUE SALA MOLTU

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 26 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Datos por tramo

Tramo	1	2	
Longitud(m)	17	9	
Pot.Ins.(W)	16000	8000	
Pot.Cal.(W)	16000	8000	
Subcuadro	CF1M	CF2M	



- Potencia a instalar: 16000 W.
- Potencia de cálculo:
16000 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=16000/1,732 \times 400 \times 0.8=28.87 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 59 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 47.18

$$e(\text{parcial})=21.5 \times 16000 / 50.21 \times 400 \times 16=1.07 \text{ V.}=0.27 \%$$

$$e(\text{total})=1.33\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

2.3.14.1.Cálculo de la Línea: CF1M

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 8 m; Cos ϕ : 0.8; Xu(m Ω /m): 0;
- Potencia a instalar: 8000 W.
- Potencia de cálculo:
8000 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=8000/1,732 \times 400 \times 0.8=14.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 59 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.8

$$e(\text{parcial})=8 \times 8000 / 51.18 \times 400 \times 16=0.2 \text{ V.}=0.05 \%$$

$$e(\text{total})=1.38\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial en Final de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

SUBCUADRO CF1M

DEMANDA DE POTENCIAS



- Potencia total instalada:

TOMA TRIFASICA 32A	3000 W
TOMA TRIFASICA 16A	3000 W
TOMA 16A	1000 W
TOMA 16A	1000 W
TOTAL....	8000 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 8000

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 32A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.86

$$e(\text{parcial})=10 \times 3000 / 51.36 \times 400 \times 6=0.24 \text{ V.}=0.06 \%$$

$$e(\text{total})=1.44\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 16A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 18.5 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:



Temperatura cable (°C): 42.57

$e(\text{parcial}) = 10 \times 3000 / 51.04 \times 400 \times 2.5 = 0.59 \text{ V.} = 0.15 \%$

$e(\text{total}) = 1.52\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$I = 1000 / 230 \times 0.8 = 5.43 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$e(\text{parcial}) = 2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5 = 0.68 \text{ V.} = 0.3 \%$

$e(\text{total}) = 1.67\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$I = 1000 / 230 \times 0.8 = 5.43 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$e(\text{parcial}) = 2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5 = 0.68 \text{ V.} = 0.3 \%$

$e(\text{total}) = 1.67\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$



Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

CÁLCULO DE EMBARRADO CF1M

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm²): 24
- Ancho (mm): 12
- Espesor (mm): 2
- Wx, Ix, Wy, Iy (cm³, cm⁴): 0.048, 0.0288, 0.008, 0.0008
- I. admisible del embarrado (A): 110

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 2.33^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.008 \cdot 1) = 705.741 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{cal} = 14.43 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 110 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 2.33 \text{ kA}$$

$$I_{ccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}) = 164 \cdot 24 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 5.57 \text{ kA}$$

2.3.14.2. Cálculo de la Línea: CF2M

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 8 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 8000 W.
- Potencia de cálculo:
8000 W.(Coef. de Simult.: 1)



$$I=8000/1,732 \times 400 \times 0.8=14.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 59 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.8

$$e(\text{parcial})=8 \times 8000 / 51.18 \times 400 \times 16=0.2 \text{ V.}=0.05 \%$$

$$e(\text{total})=1.38\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial en Final de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

SUBCUADRO CF2M

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

TOMA TRIFASICA 32A	3000 W
TOMA TRIFASICA 16A	3000 W
TOMA 16A	1000 W
TOMA 16A	1000 W
TOTAL....	8000 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 8000

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 32A

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 10 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 3000 W.

- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.86

$$e(\text{parcial})=10 \times 3000 / 51.36 \times 400 \times 6=0.24 \text{ V.}=0.06 \%$$

$$e(\text{total})=1.44\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$



Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 16A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $4 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 18.5 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.57

$$e(\text{parcial})=10 \times 3000 / 51.04 \times 400 \times 2.5=0.59 \text{ V.}=0.15 \%$$

$$e(\text{total})=1.52\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5=0.68 \text{ V.}=0.3 \%$$

$$e(\text{total})=1.67\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5 = 0.68 \text{ V.} = 0.3 \%$$

$$e(\text{total})=1.67\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

CALCULO DE EMBARRADO CF2M

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm²): 24
- Ancho (mm): 12
- Espesor (mm): 2
- W_x, I_x, W_y, I_y (cm³, cm⁴): 0.048, 0.0288, 0.008, 0.0008
- I. admisible del embarrado (A): 110

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 2.33^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.008 \cdot 1) = 705.741 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible



$$I_{cal} = 14.43 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 110 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 2.33 \text{ kA}$$

$$I_{cccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}) = 164 \cdot 24 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 5.57 \text{ kA}$$

2.3.15. Cálculo de la Batería de Condensadores

En el cálculo de la potencia reactiva a compensar, para que la instalación en estudio presente el factor de potencia deseado, se parte de los siguientes datos:

Suministro: Trifásico.

Tensión Compuesta: 400 V.

Potencia activa: 264591.72 W.

CosØ actual: 0.8.

CosØ a conseguir: 1.

Conexión de condensadores: en Triángulo.

Los resultados obtenidos son:

Potencia Reactiva a compensar (kVAr): 198.44

Gama de Regulación: (1:2:4)

Potencia de Escalón (kVAr): 28.35

Capacidad Condensadores (µF): 188

La secuencia que debe realizar el regulador de reactiva para dar señal a las diferentes salidas es:

Gama de regulación; 1:2:4 (tres salidas).

1. Primera salida.
 2. Segunda salida.
 3. Primera y segunda salida.
 4. Tercera salida.
 5. Tercera y primera salida.
 6. Tercera y segunda salida.
 7. Tercera, primera y segunda salida.
- Obteniéndose así los siete escalones de igual potencia.

Se recomienda utilizar escalones múltiplos de 5 kVAr.



Cálculo de la Línea: Bateria Condensadores

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 5 m; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia reactiva: 198443.77 VAr.

$$I = CRe \times Q_c / (1.732 \times U) = 1.5 \times 198443.77 / (1.732 \times 400) = 429.66 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2(3 \times 120 + TT \times 70) \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 450 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 67.35

$$e(\text{parcial}) = 5 \times 198443.77 / 46.86 \times 400 \times 2 \times 120 = 0.22 \text{ V.} = 0.06 \%$$

$$e(\text{total}) = 1.12\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tri. In.: 630 A. Térmico reg. Int.Reg.: 440 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 30 mA. Clase AC.

2.4 OFICINAS Y TIENDA

2.4.1 Cálculo de la Línea:

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 55 m; $\cos \phi$: 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 10738 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
13920.4 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I = 13920.4 / 1.732 \times 400 \times 0.8 = 25.12 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $4 \times 6 + TT \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión

Temperatura cable (°C): 58.48

$$e(\text{parcial}) = 55 \times 13920.4 / 48.27 \times 400 \times 6 = 6.61 \text{ V.} = 1.65 \%$$

$$e(\text{total}) = 2.71\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$



Protección Térmica en Principio de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Protección Térmica en Final de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Protección diferencial en Principio de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

2.4. 2. Cuadro de oficinas y tienda

2.4.2.1 Demanda de potencias

- Potencia total instalada:

CIRTO 1 TIENDA	704 W
CITO 2 TIENDA	704 W
RECEPCION BAÑO	436 W
EMER TIENDA	240 W
COCINA	4000 W
BAÑO + REC	412 W
OFICINAS	720 W
COMEDOR	792 W
EMER OFICINAS	270 W
TC OFI1	1200 W
TC OFI2	1260 W
TOTAL....	10738 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 4278

- Potencia Instalada Fuerza (W): 6460

2.4.2.2. Cálculo de las líneas

Cálculo de la Línea: ALUM TIENDA

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;

- Potencia a instalar: 2084 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

3607.2 W.(Coef. de Simult.: 1)

$I=3607.2/230 \times 0.8=19.6$ A.

Se eligen conductores Unipolares 2x6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 40 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 47.21



$e(\text{parcial})=2 \times 0.3 \times 3607.2 / 50.2 \times 230 \times 6 = 0.03 \text{ V.} = 0.01 \%$
 $e(\text{total})=2.73\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: CIRTO 1 TIENDA

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 35 m; Cos ϕ : 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Longitud(m)	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
P.des.nu.(W)	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
P.inc.nu.(W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tramo	11
Longitud(m)	3
P.des.nu.(W)	64
P.inc.nu.(W)	0

- Potencia a instalar: 704 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $704 \times 1.8 = 1267.2 \text{ W.}$

$I = 1267.2 / 230 \times 1 = 5.51 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 42.06

$e(\text{parcial})=2 \times 20 \times 1267.2 / 51.13 \times 230 \times 2.5 = 1.72 \text{ V.} = 0.75 \%$
 $e(\text{total})=3.48\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: CITO 2 TIENDA

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 65 m; Cos ϕ : 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Longitud(m)	35	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3



P.des.nu.(W)	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
P.inc.nu.(W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tramo 11
 Longitud(m) 3
 P.des.nu.(W) 64
 P.inc.nu.(W) 0

- Potencia a instalar: 704 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $704 \times 1.8 = 1267.2 \text{ W}$.

$$I = 1267.2 / 230 \times 1 = 5.51 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x4+TTx4mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 27 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.25

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 50 \times 1267.2 / 51.28 \times 230 \times 4 = 2.69 \text{ V} = 1.17 \%$$

$$e(\text{total}) = 3.89\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: RECEPCION BAÑO

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 17.6 m; Cos ϕ : 1; Xu(mΩ/m): 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7
Longitud(m)	6	1.8	1.8	1.8	2.2	2	2
P.des.nu.(W)	64	64	64	64	0	0	0
P.inc.nu.(W)	0	0	0	0	60	60	60

- Potencia a instalar: 436 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $256 \times 1.8 + 180 = 640.8 \text{ W}$.

$$I = 640.8 / 230 \times 1 = 2.79 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:



Temperatura cable (°C): 40.53

$e(\text{parcial})=2 \times 10.64 \times 640.8 / 51.42 \times 230 \times 2.5 = 0.46 \text{ V.} = 0.2 \%$

$e(\text{total})=2.93\%$ ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: EMER TIENDA

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 36.3 m; Cos ϕ : 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	
Longitud(m)		5	5	5.8	5	8	4	1.5	2
P.des.nu.(W)		30	30	30	30	30	30	30	30
P.inc.nu.(W)		0	0	0	0	0	0	0	0

- Potencia a instalar: 240 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $240 \times 1.8 = 432 \text{ W.}$

$I=432/230 \times 1 = 1.88 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.24

$e(\text{parcial})=2 \times 22.98 \times 432 / 51.47 \times 230 \times 2.5 = 0.67 \text{ V.} = 0.29 \%$

$e(\text{total})=3.02\%$ ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: COCINA

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 25 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1
Longitud(m)	25
Pot.nudo(kW)	4

- Potencia a instalar: 4000 W.
- Potencia de cálculo: 4000 W.



$$I=4000/230 \times 0.8=21.74 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x4+TTx4mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 27 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 59.45

$$e(\text{parcial})=2 \times 25 \times 4000 / 48.12 \times 230 \times 4 = 4.52 \text{ V.} = 1.96 \%$$

$$e(\text{total})=4.68\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 25 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: ALUM. OFICINAS

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; Cos ϕ : 0.8; Xu(m Ω /m): 0;

- Potencia a instalar: 2194 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
3853.2 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=3853.2/230 \times 0.8=20.94 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 40 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 48.22

$$e(\text{parcial})=2 \times 0.3 \times 3853.2 / 50.02 \times 230 \times 6 = 0.03 \text{ V.} = 0.01 \%$$

$$e(\text{total})=2.73\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: BAÑO + REC

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 29 m; Cos ϕ : 1; Xu(m Ω /m): 0;

- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	
Longitud(m)		10	5	4	4	3	3
P.des.nu.(W)		100	64	64	64	0	0
P.inc.nu.(W)		0	0	0	0	60	60



- Potencia a instalar: 412 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $292 \times 1.8 + 120 = 645.6 \text{ W.}$

$$I = 645.6 / 230 \times 1 = 2.81 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 40.54

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 18.07 \times 645.6 / 51.42 \times 230 \times 2.5 = 0.79 \text{ V.} = 0.34 \%$$

$$e(\text{total}) = 3.07\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: OFICINAS

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip. Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 39 m; Cos ϕ : 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Longitud(m)	15	3	3	3	3	4	2	2	3	2 2
P.des.nu.(W)	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72 72
P.inc.nu.(W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 0

- Potencia a instalar: 720 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $720 \times 1.8 = 1296 \text{ W.}$

$$I = 1296 / 230 \times 1 = 5.63 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 42.16

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 27.9 \times 1296 / 51.12 \times 230 \times 2.5 = 2.46 \text{ V.} = 1.07 \%$$

$$e(\text{total}) = 3.8\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: COMEDOR



- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 45 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Longitud(m)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
P.des.nu.(W)	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
P.inc.nu.(W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tramo	11
Longitud(m)	25
P.des.nu.(W)	72
P.inc.nu.(W)	0

- Potencia a instalar: 792 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $792 \times 1.8 = 1425.6 \text{ W}$.

$$I = 1425.6 / 230 \times 1 = 6.2 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 42.61

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 14.09 \times 1425.6 / 51.03 \times 230 \times 2.5 = 1.37 \text{ V.} = 0.6 \%$$

$$e(\text{total}) = 3.32\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: EMER OFICINAS

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 64.5 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Longitud(m)	20	3	2.5	3	6	4	6	12	8	
P.des.nu.(W)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
P.inc.nu.(W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

- Potencia a instalar: 270 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $270 \times 1.8 = 486 \text{ W}$.



$$I=486/230 \times 1=2.11 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 40.3

$$e(\text{parcial})=2 \times 37.28 \times 486 / 51.46 \times 230 \times 2.5 = 1.22 \text{ V.} = 0.53 \%$$

$$e(\text{total})=3.26\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: T.C. OFICINAS

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; $\cos \phi$: 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 2460 W.
- Potencia de cálculo:
2460 W. (Coef. de Simult.: 1)

$$I=2460/1,732 \times 400 \times 0.8=4.44 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $4 \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 41.34

$$e(\text{parcial})=0.3 \times 2460 / 51.27 \times 400 \times 2.5 = 0.01 \text{ V.} = 0 \%$$

$$e(\text{total})=2.72\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: TC OFII

- Tensión de servicio: 230 V.
 - Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
 - Longitud: 40 m; $\cos \phi$: 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
 - Datos por tramo
- | Tramo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Longitud(m) | 10 | 9 | 5 | 2 | 14 |
| Pot.nudo(W) | 240 | 240 | 240 | 240 | 240 |
- Potencia a instalar: 1200 W.
 - Potencia de cálculo: 1200 W.



$$I=1200/230 \times 0.8=6.52 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 42.89

$$e(\text{parcial})=2 \times 23.8 \times 1200 / 50.98 \times 230 \times 2.5 = 1.95 \text{ V.} = 0.85 \%$$

$$e(\text{total})=3.56\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TC OFI2

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 112 m; $\cos \phi$: 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Longitud(m)	15	12	7	2	8	4	2	8	3	1	
Pot.nudo(W)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Tramo	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Longitud(m)	5	3	1	10	12	10	3	2	1	2	
Pot.nudo(W)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

Tramo 21

Longitud(m) 1

Pot.nudo(W) 60

- Potencia a instalar: 1260 W.

- Potencia de cálculo: 1260 W.

$$I=1260/230 \times 0.8=6.85 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 43.19

$$e(\text{parcial})=2 \times 69.81 \times 1260 / 50.93 \times 230 \times 2.5 = 6.01 \text{ V.} = 2.61 \%$$

$$e(\text{total})=5.33\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.



2.5. CUADRO ZONA 2

2.5.1 Cálculo de la Línea: cuadro. zona 2

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: D-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 65 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 66590 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
75062 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=75062/1,732 \times 400 \times 0.8=135.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x70+TTx35mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 25°C (Fc=1) 143 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 125 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 66.91

$$e(\text{parcial})=65 \times 75062 / 46.93 \times 400 \times 70=3.71 \text{ V.}=0.93 \%$$

$$e(\text{total})=1.99\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección Termica en Principio de Línea

I. Aut./Tet. In.: 160 A. Térmico reg. Int.Reg.: 139 A.

Protección Térmica en Final de Línea

I. Aut./Tet. In.: 160 A. Térmico reg. Int.Reg.: 139 A.

Protección diferencial en Principio de Línea

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC.

2.5.2 Cuadro de la zona 2

2.5.2.1 DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

LIN FUE ALMACEN	8000 W
LIN FUE SALA DEPOS	32000 W
A1 AE	1200 W
A2AE	1600 W
EMERGENCIA AE	210 W
A1 EMB	800 W
EMER EMBOT.	120 W
A1 DEPO	1200 W
A2DEPO	1200 W
A3 DEPO	1200 W
EMER DEPOSITOS	300 W
A1 ALAM.	1200 W



A2 ALAM.	1200 W
EMER ALMACEN	360 W
LIN FUE SALA EXPED	16000 W
TOTAL....	66590 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 10590
- Potencia Instalada Fuerza (W): 56000

2.5.2.2.Cálculo de la Línea: LIN FUE ALMACEN

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 65 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1
Longitud(m)	65
Pot.Ins.(W)	8000
Pot.Cal.(W)	8000
Subcuadro	CF1A

- Potencia a instalar: 8000 W.
- Potencia de cálculo:
8000 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=8000/1,732 \times 400 \times 0.8=14.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 59 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.8

$$e(\text{parcial})=65 \times 8000 / 51.18 \times 400 \times 16=1.59 \text{ V.}=0.4 \%$$

$$e(\text{total})=2.39\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

2.5.2.2.1.Cálculo de la Línea: CF1A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 8 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 8000 W.
- Potencia de cálculo:



8000 W.(Coef. de Simult.: 1)

$I=8000/1,732 \times 400 \times 0.8=14.43 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 59 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.8

$e(\text{parcial})=8 \times 8000 / 51.18 \times 400 \times 16=0.2 \text{ V.}=0.05 \%$

$e(\text{total})=2.43\% \text{ ADMIS } (4.5\% \text{ MAX.})$

Protección diferencial en Final de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

SUBCUADRO CF1A

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

TOMA TRIFASICA 32A	3000 W
TOMA TRIFASICA 16A	3000 W
TOMA 16A	1000 W
TOMA 16A	1000 W
TOTAL....	8000 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 8000

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 32A

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; Xu(m Ω /m): 0;

- Potencia a instalar: 3000 W.

- Potencia de cálculo: 3000 W.

$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.86

$e(\text{parcial})=10 \times 3000 / 51.36 \times 400 \times 6=0.24 \text{ V.}=0.06 \%$



$e(\text{total})=2.49\%$ ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 16A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $4 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 18.5 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.57

$$e(\text{parcial})=10 \times 3000 / 51.04 \times 400 \times 2.5=0.59 \text{ V.}=0.15 \%$$

$$e(\text{total})=2.58\%$$
 ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5=0.68 \text{ V.}=0.3 \%$$

$$e(\text{total})=2.73\%$$
 ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.



Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5 = 0.68 \text{ V.} = 0.3 \%$$

$$e(\text{total})=2.73\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

CÁLCULO DE EMBARRADO CF1A

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm²): 24
- Ancho (mm): 12
- Espesor (mm): 2
- W_x, I_x, W_y, I_y (cm³, cm⁴) : 0.048, 0.0288, 0.008, 0.0008
- I. admisible del embarrado (A): 110

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 1.09^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.008 \cdot 1) = 154.233 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$



b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{cal} = 14.43 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 110 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 1.09 \text{ kA}$$

$$I_{cccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}) = 164 \cdot 24 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 5.57 \text{ kA}$$

2.5.2.3. Cálculo de la Línea: LIN FUE SALA DEPOS

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 86 m; Cos ϕ : 0.8; X_u (m Ω /m): 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4
Longitud(m)	31	20	15	20
Pot.Ins.(W)	32000	24000	16000	8000
Pot.Cal.(W)	22400	16800	11200	5600
Subcuadro	CF1D	CF2D	CF3D	CF4D

- Potencia a instalar: 32000 W.
- Potencia de cálculo:
22400 W.(Coef. de Simult.: 0.7)

$$I = 22400 / (1.732 \times 400 \times 0.8) = 40.42 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 59 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 54.08

$$e(\text{parcial}) = 58.5 \times 22400 / (49.01 \times 400 \times 16) = 4.18 \text{ V.} = 1.04 \%$$

$$e(\text{total}) = 3.03\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 50 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

2.5.2.3.1 Cálculo de la Línea: CF1D

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra



- Longitud: 8 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 8000 W.
- Potencia de cálculo:
8000 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=8000/1,732 \times 400 \times 0.8=14.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 59 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.8

$$e(\text{parcial})=8 \times 8000 / 51.18 \times 400 \times 16=0.2 \text{ V.}=0.05 \%$$

$$e(\text{total})=3.08\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial en Final de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

SUBCUADRO CF1D

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

TOMA TRIFASICA 32A	3000 W
TOMA TRIFASICA 16A	3000 W
TOMA 16A	1000 W
TOMA 16A	1000 W
TOTAL....	8000 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 8000

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 32A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.



Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.86

$e(\text{parcial}) = 10 \times 3000 / 51.36 \times 400 \times 6 = 0.24 \text{ V.} = 0.06 \%$

$e(\text{total}) = 3.14\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 16A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$I = 3000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 5.41 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $4 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 18.5 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.57

$e(\text{parcial}) = 10 \times 3000 / 51.04 \times 400 \times 2.5 = 0.59 \text{ V.} = 0.15 \%$

$e(\text{total}) = 3.23\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

2.5.2.3.2. Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$I = 1000 / 230 \times 0.8 = 5.43 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$e(\text{parcial}) = 2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5 = 0.68 \text{ V.} = 0.3 \%$

$e(\text{total}) = 3.38\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$



Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5 = 0.68 \text{ V.} = 0.3 \%$$

$$e(\text{total})=3.38\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

CALCULO DE EMBARRADO CF1D

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- n° pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm^2): 24
- Ancho (mm): 12
- Espesor (mm): 2
- $W_x, I_x, W_y, I_y (\text{cm}^3, \text{cm}^4)$: 0.048, 0.0288, 0.008, 0.0008
- I. admisible del embarrado (A): 110

a) Cálculo electrodinámico



$$\sigma_{\max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 0.9^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.008 \cdot 1) = 105.723$$

$$\leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{cal} = 14.43 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 110 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 0.9 \text{ kA}$$

$$I_{cccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}) = 164 \cdot 24 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 5.57 \text{ kA}$$

2.5.2.3.3. Cálculo de la Línea: CF2D

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 8 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 8000 W.
- Potencia de cálculo:
8000 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I = 8000 / 1.732 \times 400 \times 0.8 = 14.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 59 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.8

$$e(\text{parcial}) = 8 \times 8000 / 51.18 \times 400 \times 16 = 0.2 \text{ V.} = 0.05 \%$$

$$e(\text{total}) = 3.08\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial en Final de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

SUBCUADRO CF2D

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

TOMA TRIFASICA 32A	3000 W
TOMA TRIFASICA 16A	3000 W
TOMA 16A	1000 W
TOMA 16A	1000 W



TOTAL....

8000 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 8000

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 32A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.86

$$e(\text{parcial})=10 \times 3000 / 51.36 \times 400 \times 6=0.24 \text{ V.}=0.06 \%$$

$$e(\text{total})=3.14\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 16A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 18.5 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.57

$$e(\text{parcial})=10 \times 3000 / 51.04 \times 400 \times 2.5=0.59 \text{ V.}=0.15 \%$$

$$e(\text{total})=3.23\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5=0.68 \text{ V.}=0.3 \%$$

$$e(\text{total})=3.38\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5=0.68 \text{ V.}=0.3 \%$$

$$e(\text{total})=3.38\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

CÁLCULO DE EMBARRADO CF2DDatos



- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm²): 24
- Ancho (mm): 12
- Espesor (mm): 2
- W_x, I_x, W_y, I_y (cm³, cm⁴): 0.048, 0.0288, 0.008, 0.0008
- I. admisible del embarrado (A): 110

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = I_{\text{pcc}}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 0.9^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.008 \cdot 1) = 105.723$$

<= 1200 kg/cm² Cu

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{\text{cal}} = 14.43 \text{ A}$$

$$I_{\text{adm}} = 110 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{\text{pcc}} = 0.9 \text{ kA}$$

$$I_{\text{cccs}} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{\text{cc}}}) = 164 \cdot 24 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 5.57 \text{ kA}$$

2.5.2.3.3. Cálculo de la Línea: CF3D

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 8 m; Cos φ: 0.8; X_u(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 8000 W.
- Potencia de cálculo:
8000 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I = 8000 / (1.732 \times 400 \times 0.8) = 14.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (F_c=1) 59 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.



Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.8

$e(\text{parcial}) = 8 \times 8000 / 51.18 \times 400 \times 16 = 0.2 \text{ V.} = 0.05 \%$

$e(\text{total}) = 3.08\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Protección diferencial en Final de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

SUBCUADRO CF3D

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

TOMA TRIFASICA 32A	3000 W
TOMA TRIFASICA 16A	3000 W
TOMA 16A	1000 W
TOMA 16A	1000 W
TOTAL....	8000 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 8000

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 32A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$I = 3000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 5.41 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.86

$e(\text{parcial}) = 10 \times 3000 / 51.36 \times 400 \times 6 = 0.24 \text{ V.} = 0.06 \%$

$e(\text{total}) = 3.14\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 16A



- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $4 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 18.5 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.57

$$e(\text{parcial})=10 \times 3000 / 51.04 \times 400 \times 2.5=0.59 \text{ V.}=0.15 \%$$

$$e(\text{total})=3.23\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5=0.68 \text{ V.}=0.3 \%$$

$$e(\text{total})=3.38\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.



- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5=0.68 \text{ V.}=0.3 \%$$

$$e(\text{total})=3.38\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

CÁLCULO DE EMBARRADO CF3D

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm²): 24
- Ancho (mm): 12
- Espesor (mm): 2
- W_x, I_x, W_y, I_y (cm³, cm⁴): 0.048, 0.0288, 0.008, 0.0008
- I. admisible del embarrado (A): 110

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 0.9^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.008 \cdot 1) = 105.723$$
$$\leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{cal} = 14.43 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 110 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito



$$I_{pcc} = 0.9 \text{ kA}$$

$$I_{ccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}) = 164 \cdot 24 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 5.57 \text{ kA}$$

2.5.2.3.4. Cálculo de la Línea: CF4D

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 8 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 8000 W.
- Potencia de cálculo:
8000 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I = 8000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 14.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 59 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.8

$$e(\text{parcial}) = 8 \times 8000 / 51.18 \times 400 \times 16 = 0.2 \text{ V.} = 0.05 \%$$

$$e(\text{total}) = 3.08\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial en Final de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

SUBCUADRO CF4D

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

TOMA TRIFASICA 32A	3000 W
TOMA TRIFASICA 16A	3000 W
TOMA 16A	1000 W
TOMA 16A	1000 W
TOTAL....	8000 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 8000

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 32A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;



- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.86

$$e(\text{parcial})=10 \times 3000 / 51.36 \times 400 \times 6=0.24 \text{ V.}=0.06 \%$$

$$e(\text{total})=3.14\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 16A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; Xu(m Ω /m): 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 18.5 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.57

$$e(\text{parcial})=10 \times 3000 / 51.04 \times 400 \times 2.5=0.59 \text{ V.}=0.15 \%$$

$$e(\text{total})=3.23\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; Xu(m Ω /m): 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$



Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K
I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$e(\text{parcial}) = 2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5 = 0.68 \text{ V.} = 0.3 \%$

$e(\text{total}) = 3.38\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$I = 1000 / 230 \times 0.8 = 5.43 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K
I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$e(\text{parcial}) = 2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5 = 0.68 \text{ V.} = 0.3 \%$

$e(\text{total}) = 3.38\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

CALCULO DE EMBARRADO CF4D

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- n° pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada



- Sección (mm²): 24
- Ancho (mm): 12
- Espesor (mm): 2
- W_x, I_x, W_y, I_y (cm³, cm⁴) : 0.048, 0.0288, 0.008, 0.0008
- I. admisible del embarrado (A): 110

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 0.9^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.008 \cdot 1) = 105.723$$

$$<= 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{cal} = 14.43 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 110 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 0.9 \text{ kA}$$

$$I_{cccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}) = 164 \cdot 24 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 5.57 \text{ kA}$$

2.5.2.4. Cálculo de la Línea: ALUM ALM-EXPEDI

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos ϕ : 0.8; X_u(m Ω /m): 0;
- Potencia a instalar: 3010 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
5418 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I = 5418 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 9.78 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 46.5

$$e(\text{parcial}) = 0.3 \times 5418 / 50.33 \times 400 \times 2.5 = 0.03 \text{ V.} = 0.01 \%$$

$$e(\text{total}) = 2\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.



2.5.2.4.1.Cálculo de la Línea: A1 AE

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 23 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3
Longitud(m)	5	9	9
P.des.nu.(W)	400	400	400
P.inc.nu.(W)	0	0	0

- Potencia a instalar: 1200 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $1200 \times 1.8 = 2160$ W.

$$I = 2160 / 230 \times 1 = 9.39 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 46

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 14 \times 2160 / 50.42 \times 230 \times 2.5 = 2.09 \text{ V.} = 0.91 \%$$

$$e(\text{total}) = 2.9\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.5.2.4.2.Cálculo de la Línea: A2AE

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 34 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4
Longitud(m)	10	9	9	6
P.des.nu.(W)	400	400	400	400
P.inc.nu.(W)	0	0	0	0

- Potencia a instalar: 1600 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $1600 \times 1.8 = 2880$ W.

$$I = 2880 / 230 \times 1 = 12.52 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19



Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 50.67

$e(\text{parcial}) = 2 \times 22.75 \times 2880 / 49.59 \times 230 \times 2.5 = 4.6 \text{ V.} = 2 \%$

$e(\text{total}) = 3.99\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

2.5.2.4.3. Cálculo de la Línea: EMERGENCIA AE

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 89 m; Cos ϕ : 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7	
Longitud(m)	20	10	10	15	7	7	20	
P.des.nu.(W)	30	30	30	30	30	30	30	
P.inc.nu.(W)	0	0	0	0	0	0	0	

- Potencia a instalar: 210 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $210 \times 1.8 = 378 \text{ W.}$

$I = 378 / 230 \times 1 = 1.64 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c = 1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.18

$e(\text{parcial}) = 2 \times 52.14 \times 378 / 51.48 \times 230 \times 2.5 = 1.33 \text{ V.} = 0.58 \%$

$e(\text{total}) = 2.58\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.5.2.5. Cálculo de la Línea: ALUM EMBOTELLADO

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 920 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $1656 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$



$$I=1656/1,732 \times 400 \times 0.8=2.99 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $4 \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 40.61

$$e(\text{parcial})=0.3 \times 1656/51.4 \times 400 \times 2.5=0.01 \text{ V.}=0 \%$$

$$e(\text{total})=1.99\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

2.5.2.5.1.Cálculo de la Línea: A1 EMB

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 20 m; $\cos \phi$: 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2
Longitud(m)	10	10
P.des.nu.(W)	400	400
P.inc.nu.(W)	0	0

- Potencia a instalar: 800 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $800 \times 1.8=1440 \text{ W.}$

$$I=1440/230 \times 1=6.26 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 42.67

$$e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 1440/51.02 \times 230 \times 2.5=1.47 \text{ V.}=0.64 \%$$

$$e(\text{total})=2.63\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.5.2.5.2.Cálculo de la Línea: EMER EMBOT.

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 46 m; $\cos \phi$: 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Datos por tramo



Tramo	1	2	3	4
Longitud(m)	6	10	10	20
P.des.nu.(W)	30	30	30	30
P.inc.nu.(W)	0	0	0	0

- Potencia a instalar: 120 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $120 \times 1.8 = 216 \text{ W.}$

$$I = 216 / 230 \times 1 = 0.94 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.06

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 23.5 \times 216 / 51.51 \times 230 \times 2.5 = 0.34 \text{ V.} = 0.15 \%$$

$$e(\text{total}) = 2.14\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.5.2.6.Cálculo de la Línea: ALUM SALA DEPOSITO

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 3900 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $7020 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$

$$I = 7020 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 12.67 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $4 \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 50.91

$$e(\text{parcial}) = 0.3 \times 7020 / 49.55 \times 400 \times 2.5 = 0.04 \text{ V.} = 0.01 \%$$

$$e(\text{total}) = 2\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

2.5.2.6.1.Cálculo de la Línea: A1 DEPO

- Tensión de servicio: 230 V.



- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 31 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3
Longitud(m)	18	6.5	6.5
P.des.nu.(W)	400	400	400
P.inc.nu.(W)	0	0	0

- Potencia a instalar: 1200 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $1200 \times 1.8 = 2160$ W.

$$I = 2160 / 230 \times 1 = 9.39 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 46

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 24.5 \times 2160 / 50.42 \times 230 \times 2.5 = 3.65 \text{ V.} = 1.59 \%$$

$$e(\text{total}) = 3.59\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.5.2.6.2.Cálculo de la Línea: A2DEPO

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 35 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3
Longitud(m)	30	2.5	2.5
P.des.nu.(W)	400	400	400
P.inc.nu.(W)	0	0	0

- Potencia a instalar: 1200 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $1200 \times 1.8 = 2160$ W.

$$I = 2160 / 230 \times 1 = 9.39 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:



Temperatura cable (°C): 46

$e(\text{parcial}) = 2 \times 32.5 \times 2160 / 50.42 \times 230 \times 2.5 = 4.84 \text{ V} = 2.11 \%$

$e(\text{total}) = 4.1\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.5.2.6.3. Cálculo de la Línea: A3 DEPO

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 37 m; Cos ϕ : 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3
Longitud(m)	24	6.5	6.5
P.des.nu.(W)	400	400	400
P.inc.nu.(W)	0	0	0

- Potencia a instalar: 1200 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $1200 \times 1.8 = 2160 \text{ W}.$

$I = 2160 / 230 \times 1 = 9.39 \text{ A}.$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 46

$e(\text{parcial}) = 2 \times 30.5 \times 2160 / 50.42 \times 230 \times 2.5 = 4.55 \text{ V} = 1.98 \%$

$e(\text{total}) = 3.97\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.5.2.6.4. Cálculo de la Línea: EMER DEPOSITOS

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 115 m; Cos ϕ : 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
Longitud(m)	20	10	10	10	10	10	10	10	10	10	15
P.des.nu.(W)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
P.inc.nu.(W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Potencia a instalar: 300 W.



- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $300 \times 1.8 = 540 \text{ W.}$

$$I = 540 / 230 \times 1 = 2.35 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 40.37

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 65.5 \times 540 / 51.45 \times 230 \times 2.5 = 2.39 \text{ V.} = 1.04 \%$$

$$e(\text{total}) = 3.04\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.5.2.7. Cálculo de la Línea: ALUM ALMACEN

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; $\cos \phi$: 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 2760 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $4968 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$

$$I = 4968 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 8.96 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $4 \times 16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 66 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 40.55

$$e(\text{parcial}) = 0.3 \times 4968 / 51.41 \times 400 \times 16 = 0 \text{ V.} = 0 \%$$

$$e(\text{total}) = 1.99\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

2.5.2.7.1. Cálculo de la Línea: A1 ALAM.

- Tensión de servicio: 230 V.
 - Canalización: B1-Unip. Tubos Superf.o Emp.Obra
 - Longitud: 57 m; $\cos \phi$: 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
 - Datos por tramo
- | Tramo | 1 | 2 | 3 | |
|--------------|-----|-----|-----|--|
| Longitud(m) | 40 | 8.5 | 8.5 | |
| P.des.nu.(W) | 400 | 400 | 400 | |



P.inc.nu.(W) 0 0 0

- Potencia a instalar: 1200 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $1200 \times 1.8 = 2160 \text{ W.}$

$$I = 2160 / 230 \times 1 = 9.39 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x4+TTx4mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 27 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.63

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 48.5 \times 2160 / 50.85 \times 230 \times 4 = 4.48 \text{ V.} = 1.95 \%$$

$$e(\text{total}) = 3.94\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.5.2.7.2. Cálculo de la Línea: A2 ALAM.

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 62 m; Cos ϕ : 1; Xu(mΩ/m): 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3
Longitud(m)	45	8.5	8.5
P.des.nu.(W)	400	400	400
P.inc.nu.(W)	0	0	0

- Potencia a instalar: 1200 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $1200 \times 1.8 = 2160 \text{ W.}$

$$I = 2160 / 230 \times 1 = 9.39 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x4+TTx4mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 27 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.63

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 53.5 \times 2160 / 50.85 \times 230 \times 4 = 4.94 \text{ V.} = 2.15 \%$$

$$e(\text{total}) = 4.14\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.



2.5.2.7.3.Cálculo de la Línea: EMER ALMACEN

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 165 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Longitud(m)	45	10	10	10	10	10	10	10	10	10
P.des.nu.(W)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
P.inc.nu.(W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tramo	11	12								
Longitud(m)	10	20								
P.des.nu.(W)	30	30								
P.inc.nu.(W)	0	0								

- Potencia a instalar: 360 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
360x1.8=648 W.

$$I=648/230 \times 1=2.82 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.54

$$e(\text{parcial})=2 \times 100.83 \times 648 / 51.42 \times 230 \times 2.5 = 4.42 \text{ V.} = 1.92 \%$$

$$e(\text{total})=3.91\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.5.2.8.Cálculo de la Línea: LIN FUE SALA EXPED

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 60 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2
Longitud(m)	40	20
Pot.Ins.(W)	16000	8000
Pot.Cal.(W)	16000	8000
Subcuadro	CF1E	CF2E

- Potencia a instalar: 16000 W.



- Potencia de cálculo:

$$16000 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$$

$$I = 16000 / (1,732 \times 400 \times 0.8) = 28.87 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 59 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 47.18

$$e(\text{parcial}) = 50 \times 16000 / (50.21 \times 400 \times 16) = 2.49 \text{ V.} = 0.62 \%$$

$$e(\text{total}) = 2.61\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

2.5.2.8. Cálculo de la Línea: CF1E

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 8 m; Cos ϕ : 0.8; Xu(m Ω /m): 0;

- Potencia a instalar: 8000 W.

- Potencia de cálculo:

$$8000 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$$

$$I = 8000 / (1,732 \times 400 \times 0.8) = 14.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 59 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.8

$$e(\text{parcial}) = 8 \times 8000 / (51.18 \times 400 \times 16) = 0.2 \text{ V.} = 0.05 \%$$

$$e(\text{total}) = 2.66\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial en Final de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

SUBCUADRO CF1E

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:



TOMA TRIFASICA 32A	3000 W
TOMA TRIFASICA 16A	3000 W
TOMA 16A	1000 W
TOMA 16A	1000 W
TOTAL....	8000 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 8000

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 32A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.86

$$e(\text{parcial})=10 \times 3000 / 51.36 \times 400 \times 6=0.24 \text{ V.}=0.06 \%$$

$$e(\text{total})=2.72\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 16A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 18.5 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.57

$$e(\text{parcial})=10 \times 3000 / 51.04 \times 400 \times 2.5=0.59 \text{ V.}=0.15 \%$$



$e(\text{total})=2.81\%$ ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5 = 0.68 \text{ V.} = 0.3 \%$$

$$e(\text{total})=2.96\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + \text{TT} \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5 = 0.68 \text{ V.} = 0.3 \%$$

$$e(\text{total})=2.96\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.



CALCULO DE EMBARRADO CF1E

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm²): 24
- Ancho (mm): 12
- Espesor (mm): 2
- W_x, I_x, W_y, I_y (cm³, cm⁴) : 0.048, 0.0288, 0.008, 0.0008
- I. admisible del embarrado (A): 110

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 1.15^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.008 \cdot 1) = 170.707 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{cal} = 14.43 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 110 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 1.15 \text{ kA}$$

$$I_{ccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}) = 164 \cdot 24 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 5.57 \text{ kA}$$

2.5.2.8.2.Cálculo de la Línea: CF2E

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 8 m; Cos φ: 0.8; X_u(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 8000 W.
- Potencia de cálculo:
8000 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I = 8000 / (1.732 \times 400 \times 0.8) = 14.43 \text{ A.}$$



Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 59 A. según ITC-BT-19
 Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.8
 $e(\text{parcial}) = 8 \times 8000 / 51.18 \times 400 \times 16 = 0.2 \text{ V.} = 0.05 \%$
 $e(\text{total}) = 2.66\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Protección diferencial en Final de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

SUBCUADRO CF2E

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

TOMA TRIFASICA 32A	3000 W
TOMA TRIFASICA 16A	3000 W
TOMA 16A	1000 W
TOMA 16A	1000 W
TOTAL....	8000 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 8000

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 32A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I = 3000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19
 Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.86
 $e(\text{parcial}) = 10 \times 3000 / 51.36 \times 400 \times 6 = 0.24 \text{ V.} = 0.06 \%$
 $e(\text{total}) = 2.72\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:



I. Mag. Tetrapolar Int. 32 A.

Cálculo de la Línea: TOMA TRIFASICA 16A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/1,732 \times 400 \times 0.8=5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 18.5 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.57

$$e(\text{parcial})=10 \times 3000 / 51.04 \times 400 \times 2.5=0.59 \text{ V.}=0.15 \%$$

$$e(\text{total})=2.81\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5=0.68 \text{ V.}=0.3 \%$$

$$e(\text{total})=2.96\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: TOMA 16A



- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1000 W.
- Potencia de cálculo: 1000 W.

$$I=1000/230 \times 0.8=5.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, PVC. Desig. UNE: VV-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 42.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 1000 / 51.14 \times 230 \times 2.5 = 0.68 \text{ V.} = 0.3 \%$$

$$e(\text{total})=2.96\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

CALCULO DE EMBARRADO CF2E

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, $d(\text{cm})$: 10
- Separación entre apoyos, $L(\text{cm})$: 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm^2): 24
- Ancho (mm): 12
- Espesor (mm): 2
- $W_x, I_x, W_y, I_y (\text{cm}^3, \text{cm}^4)$: 0.048, 0.0288, 0.008, 0.0008
- I. admisible del embarrado (A): 110

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\text{max}} = I_{\text{pcc}}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 1.15^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.008 \cdot 1) = 170.707 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{\text{cal}} = 14.43 \text{ A}$$



$$I_{adm} = 110 \text{ A}$$

c) Comprobación por solicitud térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 1.15 \text{ kA}$$

$$I_{ccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}) = 164 \cdot 24 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 5.57 \text{ kA}$$

2.6. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

2.6.1. Investigación del terreno

Para realizar la puesta a tierra de la nave se ha tenido en cuenta la resistividad del terreno. Este valor se consulta en la tabla 3 de la ITC-BT-18. En este caso, la naturaleza del terreno es margas y arcillas compactas cuyo valor orientativo de la resistividad del terreno está entre 100 y 200 Ωm . Por ello se ha tomado como valor de resistividad medio 150 Ωm .

2.6.2. Cálculo de la resistencia de tierra

Según se explica en la memoria, la diferencia de tensión entre masa y tierra no debe ser nunca superior a:

- 24 voltios en lugares húmedos.
- 50 voltios en lugares secos.

Debido a que se trata de una nave industrial con ambiente seco, de los dos valores se coge el de 50 voltios.

Resistencia de las picas

Para hallar la resistencia de cada pica vertical se utiliza la fórmula de la tabla 5 de la ITC-BT-18:

$$R_{pica} = \frac{\rho}{L} = \frac{150}{2} = 75 \Omega$$



Siendo:

R_{pica} : resistencia de la pica en Ω .

ρ : resistividad del terreno (150 Ωm).

L : longitud de la pica (2 m).

Como se colocarán 10 picas de forma vertical en los vértices del perímetro (incluyendo el parking) formado por el conductor enterrado en los cimientos de la nave, como se puede observar en los planos, se halla la resistencia equivalente de las 10 picas. Se sabe que la resistencia equivalente a un grupo de picas es inversamente proporcional al número de estas, aunque en la práctica esto no sea rigurosamente cierto, se considerará así.

$$R_{pica} = \frac{R_{pica}}{N} = \frac{75}{10} = 7.5 \Omega$$

Siendo:

Requivalente: resistencia equivalente de las picas en Ω .

R_{pica} : resistencia de la pica en Ω .

N : número de picas.

Resistencia de tierra del conductor de cobre enterrado

Según la ITC-BT-18, el conductor de cobre irá enterrado a una profundidad mínima de 0,5 metros, la distancia a la que irá enterrado nuestro conductor será 0.8 m. La longitud del conductor enterrado horizontalmente en el perímetro de la nave será de 151 metros. Para hallar su resistencia se utiliza la fórmula indicada en la tabla 5 de la ITC-BT-18:

$$R_{conductor} = \frac{2 * \rho}{L} = \frac{2 * 150}{151} = 1.98 \Omega$$

Siendo:

$R_{conductor}$: resistencia del conductor en Ω .

ρ : resistividad del terreno (150 Ωm).

L : longitud del conductor de cobre enterrado en m.

Para ello lo que se hace es la resistencia equivalente entre las 6 picas y el conductor de cobre enterrado. Esto queda:

$$R_{total} = \frac{R_{equivalente} * R_{conductor}}{R_{equivalente} + R_{conductor}} = \frac{7.5 * 1.98}{7.5 + 1.98} = 1.5664 \Omega$$



Seguido a esto, se comprueba que tensión aparecerá sabiendo que se han instalado diferenciales con sensibilidad de 300 mA. Esta tensión debe ser menor a los 50 voltios exigidos.

$$V = I_{\text{sensibilidad}} * R_{\text{total}} = 0.3 * 1.5664 = 0.469 \text{ V}$$

Siendo:

V: tensión en V.

$I_{\text{sensibilidad}}$: sensibilidad del diferencial (300 mA).

R_{total} : resistencia a tierra total de la instalación en Ω .

Debido a que la tensión que aparecerá cuando surja una derivación a tierra tiene un valor de 0,341 voltios, y este es menor a los 50 voltios exigidos, se toma la instalación de puesta a tierra por buena.

2.6.3. Sección del cable de tierra y conductor de protección

El conductor de tierra a instalar será de cobre con una sección de 50 mm². El conductor de protección tendrá una sección como máximo de 50 mm².

2.6.4. Punto de puesta a tierra

Según la ITC-BT-18, el dispositivo que mide la puesta a tierra se colocará sobre el conductor de puesta a tierra y en un lugar accesible. Para ello se ha elegido colocar el dispositivo al lado del cuadro general de distribución.



2.7. CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

2.7.1. Intensidad en alta tensión

Para hallar la intensidad en el lado de alta tensión se usa la siguiente expresión:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{250 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 13200} = 10.93 \text{ A}$$

Siendo:

I: intensidad en el primario del transformador en A.

S: potencia del transformador en KVA (250 KVA).

V: tensión compuesta primaria en V (13200 V).

En el lado de alta tensión hay una corriente de 10.93 amperios.

2.7.2. Intensidad en baja tensión

Para el cálculo de la intensidad en el secundario del transformador se usa la misma expresión que en el apartado anterior:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{250 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 360.84 \text{ A}$$

Siendo:

I: intensidad en el secundario del transformador en A.

S: potencia del transformador en KVA (250 KVA).

V: tensión en vacío del secundario en V (400 V).

En el lado de baja tensión hay una corriente de 360.84 amperios.

2.7.3. Intensidades de cortocircuito

Para calcular las intensidades de cortocircuito se necesita saber la potencia de cortocircuito de la red de media tensión. Este dato lo determina la empresa suministradora de energía eléctrica (Iberdrola) y tiene un valor de 500 MVA.



2.7.3.1. Intensidad de cortocircuito en el lado de alta tensión

La intensidad de cortocircuito en el primario del transformador viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{CCP} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} \times V} = \frac{500 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 13200} = 21.87 \text{ KA}$$

Siendo:

I_{ccp}: intensidad de cortocircuito en el primario del transformador en KA.

S_{cc}: potencia de cortocircuito de la red (500 MVA).

V: tensión compuesta primaria en V (13200 V).

2.7.3.2. Intensidad de cortocircuito en el lado de baja tensión

Para hallar la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador se utiliza el método de las impedancias del apartado 2.4. Para ello hace falta saber la impedancia de la red de media tensión y la impedancia del transformador.

Impedancia de la red de media tensión:

$$Z_{AAT} = \frac{V^2}{S_{CC}} = \frac{13200^2}{500 \times 10^6} = 0,3485 \Omega j$$

0,3485 Ωj, en el lado de media tensión

$$Z_{ABT} = Z_{AAT} \times \left(\frac{V_{BT}}{V_{AT}} \right)^2 = 0.348 \times \left(\frac{400}{13200} \right)^2 = 321 \times 10^{-6} \Omega j$$

321 × 10⁻⁶ Ωj, pasado a baja tensión.

Impedancia del transformador:

$$Z_T = V_{CC} \times \frac{V^2}{S} = 0.04 \times \frac{400^2}{250 \times 10^3} = 0.0256 \Omega j$$

La impedancia total hasta ese punto queda:

$$Z_t = Z_{ABT} + Z_T = 321 \times 10^{-6} + 0.0256 = 0.02592 \Omega j$$

La intensidad de cortocircuito se halla con la siguiente expresión:



$$I_{CCS} = \frac{C_T \times V_L}{\sqrt{3} \times Z_t} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0.02592} = 8.9097 \text{ KA}$$

Siendo:

CT: factor de tensión.

VL: tensión de línea (400 V).

I_{ccs}: intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador en KA.

Z_t: impedancia por fase aguas arriba del defecto en Ω

.

2.7.4. Conexión celdas-transformador

La intensidad que ha de soportar el cable es:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{250 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 13200} = 10.93$$

Se ha decidido colocar conductores unipolares de cobre de 35 mm² con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), cuya intensidad admisible es 154 A. Además con esta sección, la caída de tensión será despreciable, cumpliendo con el criterio térmico y el de caída de tensión.

2.7.5. Conexión del secundario del transformador al cuadro de baja tensión

La intensidad que han de soportar los cables que unen el secundario del transformador con el cuadro de baja tensión del centro de transformación es:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{250 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 360.84 \text{ A}$$

Se ha optado por poner 2 cables de cobre de 50 mm² por fase, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cuya intensidad admisible individual es 188 A. Por lo tanto la intensidad total admisible por fase es 376 A, que es mayor a 360.84 A. Se provoca una caída de tensión despreciable, cumpliendo con el criterio térmico y el de caída de tensión.



2.7.6. Cálculo de la ventilación del centro de transformación

El objetivo de las rejillas de ventilación del centro de transformación es evacuar el calor producido en el transformador debido a las pérdidas en vacío y a plena carga. Estas pérdidas se obtienen de la tabla de valores del transformador y valen:

Pérdidas en vacío= 530 W

Pérdidas a plena carga= 3250 W

El caudal de aire depende de las pérdidas totales del transformador y de la diferencia de temperatura que hay entre el aire de entrada y el de salida (15°C como máximo). El caudal de aire necesario en el centro de transformación será:

$$Q = \frac{P_p}{1.16 \times \Delta\sigma} = \frac{0.53 + 3.25}{1.16 \times 15} = 0.217 \text{ m}^3/\text{s}$$

Siendo:

Q: caudal de aire en m³/s.

P_p: potencia de pérdidas en vacío más las de plena carga en KW.

Δσ: incremento de la temperatura del aire máxima (15°C).

Para garantizar la circulación del aire, se ponen las rejillas de entrada y de salida de aire enfrentadas. Para una ventilación natural, la rejilla de entrada se pone en la parte inferior, y como el aire caliente asciende, la rejilla de salida de aire se pone en la parte superior de la caseta. La separación en altura entre los centros de las rejillas (entrada y salida) será como mínimo de 1,3 metros. En este caso se elige una separación en altura de 1,4 metros. Con estos datos la velocidad de salida del aire queda:

$$V_s = 4.6 \times \frac{\sqrt{H}}{\Delta\sigma} = 4.6 \times \frac{\sqrt{1.4}}{15} = 0.362 \text{ m/s}$$

Siendo:

V_s: velocidad de salida del aire en m/s.

H: separación en altura entre los centros de las rejillas en m.

Δσ: incremento de la temperatura del aire máxima (15°C).

La superficie de la rejilla viene dada por la siguiente expresión:

$$S_r = \frac{Q}{v_s} = \frac{0.217}{0.362} = 0.6 \text{ m}^2$$

Debido a que esta superficie calculada es una superficie útil, como la rejilla tiene lamas para evitar el paso del agua y otros objetos pequeños, la superficie de la rejilla se dimensiona un 40% mas como mínimo. La superficie total de la rejilla queda:

$$S_{\text{TOTAL}} = 1.4 \times S_r = 1.4 \times 0.6 = 0.84 \text{ m}^2$$



El edificio dispondrá de una rejilla de entrada de aire en la parte inferior de la puerta de dimensiones 1228x642 mm (0,79 m²), y de dos rejillas más de entrada de aire en la parte inferior de la pared derecha de dimensiones 766x642 mm (0,49 m²) cada una. Por lo tanto, la suma de las tres rejillas de entrada da una superficie de 1,77 m², que es superior a los 0.84 m² requeridos. Para las rejillas de salida de aire, el edificio trae una rejilla en la parte trasera, enfrentada a la de la puerta y de las mismas dimensiones.

El precio de dichas rejillas, así como su colocación y suministro, viene incluido en el precio del prefabricado PFU-4 de Ormazabal.

2.7.7. Dimensionamiento del pozo apagafuegos

El foso de recogida tendrá que alojar la totalidad del volumen de aceite refrigerante del transformador en caso de que este se vacíe. Dado que es una caseta prefabricada, se sabe su volumen de antemano, y este es 760 litros. El transformador contiene un volumen de aceite de 260 litros, por lo tanto no habrá ningún problema para vaciarlo totalmente.

2.7.8. Instalaciones del centro de transformación

2.7.8.1. Iluminación

Para la iluminación del dentro de transformación se ha optado por poner dos lámparas fluorescentes de la marca Philips cuya denominación es Philips TMW405 1xTL-D36W MB TRA. Para el cálculo de la iluminación se ha utilizado el programa DIALUX.

Los datos obtenidos se adjuntan en el anexo del programa DIALUX, y la potencia consumida por la iluminación es de 85 W.

2.7.8.2. Iluminación de emergencia

Para realizar la iluminación de emergencia se utiliza el mismo proceso que en el apartado 2.1.3 del presente documento. Como la superficie del centro de transformación es 9,4 m², y hace falta 5 lm/m², el flujo necesario será de 47 lm. Por lo tanto, la solución adoptada es colocar una lámpara de emergencia no permanente con señalización de la marca Schneider, de 65 lm y cuya potencia es 6 W.



2.7.8.3. Cuadro auxiliar de baja tensión del centro de transformación

Línea	Descripción	P(W)	S(VA)	V(V)	Cos ρ	In(A)	Fcor	Ical(A)	Fase
CT1	Alumbrado	85	94.44	230	0.9	0.41	1.8	0.74	R-N
CT2	Alumbrado emergencia	6	6.67	230	0.9	0.03	1.8	0.05	S-N
CT3	Toma monofásica	2000	2000	230	1	8.7	1	8.7	T-N
	Total	2091	2095.1	230	0.998	9.14	1.038	9.49	



2.7.8.4. Dimensionamiento de los cables del cuadro auxiliar de baja tensión del centro de transformación

Línea	In(A)	Ical(A)	Cos ρ	Fc	Ical'(A)	S(mm ²)	Iad(A)	L(m)	u(V)	u(%)	uT(%)	Canalización	S(mm ²)	Φ tubo (mm)
CT1	0.41	0.74	0.9	1	0.74	1.5	18	4	0.063	0.027	0.027	Tubo grapado	2x1.5+1.5 TT	16
CT2	0.03	0.05	0.9	1	0.05	1.5	18	1.5	0.002	0.001	0.001	Tubo grapado	2x1.5+1.5 TT	16
CT3	8.7	8.7	1	1	8.7	2.5	25	2	0.249	0.108	0.108	Tubo grapado	2x2.5+2.5 TT	16



2.7.9. Cálculo de la instalación de puesta a tierra

Para el cálculo de la instalación de puesta a tierra se utiliza el “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

2.7.9.1. Introducción

Hay que distinguir entre la tierra de protección y la de servicio. Estas deben estar separadas para evitar que se transfieran tensiones peligrosas de una a otra, tal y como se calcula posteriormente.

Datos de partida:

- Una investigación previa del terreno donde se ubicará el centro de transformación, da como resultado un terreno de margas y arcillas compactas. Se toma como valor de resistividad superficial $150 \Omega\text{m}$.

- Tensión de red=13,2 KV.

- Nivel de aislamiento en las instalaciones de baja tensión del centro de transformación=24 KV.

- Intensidad de defecto máxima permitida de acuerdo con las normas dadas por la empresa suministradora de energía: $I_d=400 \text{ A}$.

Características del centro de transformación:

- La caseta es un prefabricado PFU-4 de Ormazabal de 4460 mm de largo, 2380 mm de ancho y 3045 mm de alto.

- Resistividad del terreno: $\rho=150 \Omega\text{m}$.

- Resistividad del hormigón: $\rho_H=3000 \Omega\text{m}$.

El neutro de la red de distribución en media tensión está conectado rígidamente a tierra. Por ello, la intensidad máxima de defecto dependerá de la resistencia de puesta a tierra de protección del centro, así como de las características de la red de media tensión.

La intensidad máxima de defecto a tierra es un dato que proporciona la compañía suministradora (Iberdrola) y tiene un valor de 400 A. El tiempo de eliminación del defecto es inferior a 0,45 segundos.



2.7.9.2. Tierra de protección

Para el diseño de la tierra de protección se utiliza el “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

A la tierra de protección se conectarán todas las partes metálicas de la instalación que no se encuentren normalmente en tensión, pero que en caso de un fallo, se puedan poner a un determinado potencial. Se conectarán a esta tierra las envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas, la carcasa del transformador y los chasis y bastidores de los diferentes aparatos de maniobra.

La tierra de protección tiene forma cuadrada o rectangular y el anillo se hace por fuera de la superficie de la caseta del centro de transformación para no interferir en el hueco del transformador.

La configuración elegida para la tierra de protección es la 50-30/8/82. Los datos para esta configuración son:

$$K_r = 0,079 \, \Omega/\Omega m$$

$$K_p = 0,0130 \, V/\Omega mA$$

$$K_c = 0,0359 \, V/\Omega mA$$

Siendo:

K_r : resistencia.

K_p : tensión de paso.

K_c : tensión de contacto exterior.

Descripción:

La tierra de protección estará formada por 8 picas en forma de rectángulo de dimensiones 5x3 metros y estas estarán unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección. Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 2 metros. Se enterrarán de forma vertical a una profundidad de 0.8 metros.

La conexión desde el centro de transformación hasta la primera pica se hará con cable de cobre aislado de 0,6/1 KV protegido contra daños mecánicos.

Nota: Se podrán utilizar otras configuraciones para la tierra de protección siempre y cuando tengan un valor de K_r , K_p y K_c inferiores a los escogidos anteriormente.



2.7.9.3. Tierra de servicio

Para el diseño de la tierra de servicio se utiliza el “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

Debido a que el esquema de distribución elegido es el TT, a la tierra de servicio se conectará el neutro del transformador y también la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

La configuración elegida para la tierra de servicio es la 8/42 cuyos datos son:

Kr: 0,100 $\Omega/\Omega m$

Kp: 0,0127 V/ ΩmA

Siendo:

Kr: resistencia

Kp: tensión de paso

Descripción:

La tierra de servicio estará formada por 4 picas posicionadas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 2 metros. Se enterrarán de forma vertical a una profundidad de 0.8 metros. La separación entre picas viene dada por la siguiente expresión:

$$d = 1.5 * L_p = 1.5 * 2 = 3m$$

Siendo:

d: distancia en metros entre picas.

Lp: longitud en metros de la pica.

La separación entre picas será de 3 metros, por lo tanto, la longitud del cable de cobre desnudo de 50 mm² desde la primera hasta la última pica será de 9 metros, dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

La conexión desde el centro de transformación hasta la primera pica se hará con cable de cobre aislado de 0,6/1 KV protegido contra daños mecánicos.

Nota: Se podrán utilizar otras configuraciones para la tierra de servicio siempre y cuando tengan un valor de Kr y Kp inferiores a los escogidos anteriormente.



2.7.9.4. Resistencia de la tierra de protección

Para el cálculo de la resistencia de la tierra de protección (R_t) del centro de transformación y la tensión de defecto correspondiente (V_d), se utilizan las siguientes formulas:

Para hallar la resistencia de la tierra de protección (R_t):

$$R_t = K_r * \rho = 0.079 * 150 = 11.85\Omega$$

Siendo:

R_t : resistencia de la tierra de protección.

K_r : resistencia.

ρ : resistividad del terreno (150 Ωm).

Para la hallar la tensión de defecto (V_d):

$$V_d = R_t * I_d = 11.85 * 400 = 4740\text{V}$$

Siendo:

V_d : tensión de defecto en V.

I_d : intensidad de defecto (400 A).

Como se observa en los resultados, la tensión de defecto (V_d) da un valor de 4740 V, y como este valor es menor a 10000 V, que es el valor de tensión soportada por la instalación de baja tensión recomendado por UNESA, se dice que la tierra de protección cumple con este apartado.

De esta manera, como el electrodo de puesta a tierra debe tener un efecto limitador, se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de alta tensión deterioren los elementos de baja tensión del centro de transformación.

Comprobamos además que la intensidad de defecto tiene un valor superior a 100 amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.



2.7.9.5. Resistencia de la tierra de servicio

Según UNESA, para un esquema de distribución TT, el valor de la resistencia de la tierra de servicio deberá ser inferior a 37 Ω . Para hallar la resistencia de la tierra de servicio (R_t) se usa la siguiente expresión:

$$R_t = K_r * \rho = 0.100 * 150 = 15 \Omega$$

Siendo:

R_t : resistencia de la tierra de servicio.

K_r : resistencia.

ρ : resistividad del terreno (150 Ωm).

Como se observa, el resultado de la resistencia de la tierra de servicio es 15 Ω , y esta es inferior a 37 Ω , por lo tanto es correcta.

Con este criterio, según UNESA, se consigue que en un defecto a tierra en una instalación interior, protegida contra contactos indirectos con un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA, no ocasione en el electrodo de puesta a tierra de servicio una tensión superior a 24 voltios ($37 * 0.650 = 24 \Omega$).

2.7.9.6. Tensiones en el exterior de la instalación

Según UNESA, las puertas y rejillas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión. Con estas medidas de seguridad, no es necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que serán prácticamente nulas.

La tensión de paso máxima en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno. Su expresión es:

$$V_p = K_p * \rho * I_d = 0.0130 * 150 * 400 = 780 \text{ V}$$

2.7.9.7. Tensiones en el interior de la instalación

En el suelo, según UNESA, se instalará un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del centro. Con esta disposición se consigue que la persona que pueda acceder a una parte que pueda quedar con tensión de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm de espesor como mínimo.



Como el valor de las tensiones de contacto y de paso en el interior serán prácticamente nulas, no será necesario la realización de su cálculo.

No obstante, la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior:

$$V_p(\text{acc}) = K_c * \rho * I_d = 0.0359 * 150 * 400 = 2154 \text{ V}$$

2.7.9.8. Tensiones aplicadas

Para hallar los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al centro de transformación, se emplearán las siguientes expresiones:

$$V_{p\text{adm}} = \frac{10k}{t^n} * \left(1 + \frac{6\rho}{1000}\right)$$

$$V_{p(\text{acc})\text{adm}} = \frac{10k}{t^n} * \left(1 + \frac{3\rho + 3\rho H}{1000}\right)$$

Siendo:

$V_{p\text{adm}}$: tensiones de paso admisibles en V.

$K=72$.

$n=1$.

K y n se obtienen en la MIE RAT 13, en función del tiempo de desconexión.

t : tiempo de desconexión (0,45 s).

ρ : resistividad del terreno (150 Ωm).

ρH : resistividad del hormigón (3000 Ωm).

Se obtienen los siguientes resultados:

$$V_{p\text{adm}}=3040 \text{ V}$$

$$V_{p(\text{acc})\text{adm}}=16720 \text{ V}$$

Con estos resultados se comprobará que las tensiones calculadas anteriormente sean inferiores a las admisibles.

- En el exterior:

$$V_p=780 \text{ V} < V_{p\text{adm}}=3040 \text{ V}$$

- En el acceso al centro de transformación:

$$V_{p(\text{acc})}=2154 \text{ V} < V_{p(\text{acc})\text{adm}}=16720 \text{ V}$$



2.7.9.9. Tensiones transferidas al exterior

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario el estudio previo para su reducción o eliminación.

Para garantizar que la tierra de servicio no alcance tensiones elevadas que puedan afectar a las instalaciones al producirse un defecto, existirá una distancia mínima de separación entre las tierras de protección y de servicio. Esta distancia viene expresada por la siguiente fórmula:

$$D_{n-p} = \frac{\rho * Id}{2\pi 1000} = \frac{150 * 400}{2\pi 1000} = 9.55 \text{ m}$$

La distancia mínima de separación entre la tierra de protección y la de servicio será de 9,55 m. Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra de servicio se realizará con cable aislado de 0,6/1 KV hasta la primera pica.

2.7.9.10. Corrección y ajuste si procede

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. Pero si el valor que se mide de las tomas de tierra resulta elevado, con la consecuencia de que pudiera dar lugar a tensiones de paso o de contacto excesivas, estas se corregirán colocando una alfombra aislante en el suelo del centro, o cualquier otro medio permitido por el reglamento, con el fin de evitar la peligrosidad de estas tensiones.



2.8 TABLAS

Cuadro General de Mando y Protección

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
DERIVACION IND.	264591.72	70	2(3x120/70+TTx70)Cu	477.4	560	1.06	1.06	
OFICINAS Y TIENDA	13920.4	55	4x6+TTx6Cu	25.12	32	1.65	2.71	25
EMER OFI ZONA1	3118.8	0.3	2x4Cu	16.95	31	0.02	1.08	
LABO+OFI+VEST	1185.6	52	2x2.5+TTx2.5Cu	5.15	21	1.37	2.44	20
SALA CALD+ HUESO	1555.2	55.7	2x2.5+TTx2.5Cu	6.76	21	1.99	3.07	20
EMER PLA PRIM	378	53.5	2x2.5+TTx2.5Cu	1.64	21	0.39	1.47	20
T.C. OFI NAVE	1235	129	2x2.5+TTx2.5Cu	6.71	21	2.34	3.4	20
ALUM. EXTE. DECOR	2160	126	4x6+TTx6Cu	3.12	37	0.39	1.45	50
ALUM. EXTERIOR	2268	0.3	4x2.5Cu	4.09	18.5	0	1.06	20
EXTERIOR ZONA 1	1134	133	2x2.5+TTx2.5Cu	4.93	21	2.29	3.35	20
EXTERIOR ZONA 2	1134	164	2x2.5+TTx2.5Cu	4.93	21	3.21	4.27	20
Subcua.ZONA 2	75062	65	4x70+TTx35Cu	135.43	143	0.93	1.99	125
AIRE ACONDICIONA	10000	60	4x4+TTx4Cu	18.04	24	1.93	2.99	25
SALA RECEPCIÓN	40000	70	4x25+TTx16Cu	72.17	77	1.49	2.55	50
MOTURADO 1	90000	60	4x95+TTx50Cu	162.38	180	0.75	1.81	75
MOTURADO 2	90000	65	4x95+TTx50Cu	162.38	180	0.81	1.87	75
LIN FUE SALA RECEP	24000	44	4x16+TTx16Cu	43.3	59	0.5	1.56	40
CF1 SR	8000	8	4x16+TTx16Cu	14.43	59	0.05	1.61	40
CF2 SR	8000	8	4x16+TTx16Cu	14.43	59	0.05	1.61	40
CF3 SR	8000	8	4x16+TTx16Cu	14.43	59	0.05	1.61	40
ALUM SALA RECEP	5634	0.3	4x2.5Cu	10.17	21	0.01	1.07	
A1 SR	2880	30.3	2x2.5+TTx2.5Cu	12.52	21	1.52	2.59	20
A2 SR	2160	39	2x2.5+TTx2.5Cu	9.39	21	1.47	2.54	20
EMER SALA RECEPC	594	127	2x2.5+TTx2.5Cu	2.58	21	1.13	2.2	20
ALUM MOTURADO	4590	0.3	4x2.5Cu	8.28	21	0.01	1.07	
A1 M	2160	34.25	2x2.5+TTx2.5Cu	9.39	21	1.78	2.84	20
A2 M	2160	41.25	2x2.5+TTx2.5Cu	9.39	21	2.23	3.3	20
EMER MOTURADO	270	92	2x2.5+TTx2.5Cu	1.17	21	0.41	1.48	20
LIN FUE SALA MOLITU	16000	26	4x16+TTx16Cu	28.87	59	0.27	1.33	40
CF1M	8000	8	4x16+TTx16Cu	14.43	59	0.05	1.38	40
CF2M	8000	8	4x16+TTx16Cu	14.43	59	0.05	1.38	40
Bateria Condensadores	264591.72	5	2(3x120+TTx70)Cu	429.66	450	0.06	1.12	

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	IpccI (kA)	P de C (kA)	IpccF (A)	tmeicc (sg)	tficc (sg)	Lmáx (m)	Curvas válidas
DERIVACION IND.	70	2(3x120/70+TTx70)Cu	12	15	4043.69	72.03			630;B
OFICINAS Y TIENDA	55	4x6+TTx6Cu	8.12	10	343.96	4.02			32;B,C
EMER OFI ZONA1	0.3	2x4Cu	8.12		3726.47	0.02			
LABO+OFI+VEST	52	2x2.5+TTx2.5Cu	7.48	10	158.33	3.3			10;B,C
SALA CALD+ HUESO	55.7	2x2.5+TTx2.5Cu	7.48	10	148.22	3.76			10;B,C
EMER PLA PRIM	53.5	2x2.5+TTx2.5Cu	7.48	10	154.07	3.48			10;B,C
T.C. OFI NAVE	129	2x2.5+TTx2.5Cu	8.12	10	65.53	19.25			16
ALUM. EXTE. DECOR	126	4x6+TTx6Cu	8.12	10	157.43	19.21			10;B,C
ALUM. EXTERIOR	0.3	4x2.5Cu	8.12		3558.22	0.01			
EXTERIOR ZONA 1	133	2x2.5+TTx2.5Cu	7.15	10	63.44	20.53			10;B
EXTERIOR ZONA 2	164	2x2.5+TTx2.5Cu	7.15	10	51.62	31.02			10;B
Subcua. NAVE 2	65	4x70+TTx35Cu	8.12	10	1950.9	17.03			160;B,C
AIRE ACONDICIONA	60	4x4+TTx4Cu	8.12	10	217.14	4.49			20;B,C
SALA RECEPCIÓN	70	4x25+TTx16Cu	8.12	10	947.79	9.2			100;B
MOTURADO 1	60	4x95+TTx50Cu	8.12	10	2341.67	21.77			250;B
MOTURADO 2	65	4x95+TTx50Cu	8.12	10	2261.53	23.34			250;B
LIN FUE SALA RECEP	44	4x16+TTx16Cu	8.12	10	961.02	3.67			50;B,C
CF1 SR	8	4x16+TTx16Cu	1.93		843.27	4.76			
CF2 SR	8	4x16+TTx16Cu	1.93		843.27	4.76			
CF3 SR	8	4x16+TTx16Cu	1.93		843.27	4.76			
ALUM SALA RECEP	0.3	4x2.5Cu	8.12		3558.22	0.01			
A1 SR	30.3	2x2.5+TTx2.5Cu	7.15	10	263.02	1.19			16;B,C
A2 SR	39	2x2.5+TTx2.5Cu	7.15	10	207.68	1.92			10;B,C,D
EMER SALA RECEPC	127	2x2.5+TTx2.5Cu	7.15	10	66.39	18.75			10;B
ALUM MOTURADO	0.3	4x2.5Cu	8.12		3558.22	0.01			
A1 M	34.25	2x2.5+TTx2.5Cu	7.15	10	234.64	1.5			10;B,C,D



A2 M	41.25	2x2.5+TTx2.5Cu	7.15	10	196.97	2.13	10;B,C
EMER MOTURADO	92	2x2.5+TTx2.5Cu	7.15	10	91.02	9.98	10;B
LIN FUE SALA MOLTU	26	4x16+TTx16Cu	8.12	10	1400.47	1.73	32;B,C,D
CF1M	8	4x16+TTx16Cu	2.81		1164.05	2.5	
CF2M	8	4x16+TTx16Cu	2.81		1164.05	2.5	
Bateria Condensadores	5	2(3x120+TTx70)Cu	8.12	10	3950.49	48.81	630;B

Subcuadro OFICINAS Y TIENDA

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálculo (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
ALUM TIENDA	3607.2	0.3	2x6Cu	19.6	40	0.01	2.73	
CIRTO 1 TIENDA	1267.2	35	2x2.5+TTx2.5Cu	5.51	21	0.75	3.48	20
CITO 2 TIENDA	1267.2	65	2x4+TTx4Cu	5.51	27	1.17	3.89	20
RECEPCION BAÑO	640.8	17.6	2x2.5+TTx2.5Cu	2.79	21	0.2	2.93	20
EMER TIENDA	432	36.3	2x2.5+TTx2.5Cu	1.88	21	0.29	3.02	20
COCINA	4000	25	2x4+TTx4Cu	21.74	27	1.96	4.68	20
ALUM. OFICINAS	3853.2	0.3	2x6Cu	20.94	40	0.01	2.73	
BAÑO + REC	645.6	29	2x2.5+TTx2.5Cu	2.81	21	0.34	3.07	20
OFICINAS	1296	39	2x2.5+TTx2.5Cu	5.63	21	1.07	3.8	20
COMEDOR	1425.6	45	2x2.5+TTx2.5Cu	6.2	21	0.6	3.32	20
EMER OFICINAS	486	64.5	2x2.5+TTx2.5Cu	2.11	21	0.53	3.26	20
T.C. OFICINAS	2460	0.3	4x2.5Cu	4.44	21	0	2.72	
TC OFI1	1200	40	2x2.5+TTx2.5Cu	6.52	21	0.85	3.56	20
TC OFI2	1260	112	2x2.5+TTx2.5Cu	6.85	21	2.61	5.33	20

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm²)	I _{pccI} (kA)	P de C (kA)	I _{pccF} (A)	t _{mcc} (sg)	t _{ficc} (sg)	L _{máx} (m)	Curvas válidas
ALUM TIENDA	0.3	2x6Cu	0.69		342.25	4.06			
CIRTO 1 TIENDA	35	2x2.5+TTx2.5Cu	0.69	4.5	142.91	4.05			10;B,C
CITO 2 TIENDA	65	2x4+TTx4Cu	0.69	4.5	130.68	12.39			10;B,C
RECEPCION BAÑO	17.6	2x2.5+TTx2.5Cu	0.69	4.5	201.16	2.04			10;B,C,D
EMER TIENDA	36.3	2x2.5+TTx2.5Cu	0.69	4.5	139.88	4.22			10;B,C
COCINA	25	2x4+TTx4Cu	0.69	4.5	211.56	4.73			25;B
ALUM. OFICINAS	0.3	2x6Cu	0.69		342.25	4.06			
BAÑO + REC	29	2x2.5+TTx2.5Cu	0.69	4.5	158.76	3.28			10;B,C
OFICINAS	39	2x2.5+TTx2.5Cu	0.69	4.5	133.99	4.6			10;B,C
COMEDOR	45	2x2.5+TTx2.5Cu	0.69	4.5	122.52	5.51			10;B,C
EMER OFICINAS	64.5	2x2.5+TTx2.5Cu	0.69	4.5	95.85	9			10;B
T.C. OFICINAS	0.3	4x2.5Cu	0.69		339.88	0.72			
TC OFI1	40	2x2.5+TTx2.5Cu	0.68	4.5	131.58	4.77			16;B
TC OFI2	112	2x2.5+TTx2.5Cu	0.68	4.5	62.56	21.12			16

Subcuadro SubcuaZONA2

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálculo (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
LIN FUE ALMACEN	8000	65	4x16+TTx16Cu	14.43	59	0.4	2.39	40
CF1A	8000	8	4x16+TTx16Cu	14.43	59	0.05	2.43	40
LIN FUE SALA DEPOS	22400	86	4x16+TTx16Cu	40.42	59	1.04	3.03	40
CF1D	8000	8	4x16+TTx16Cu	14.43	59	0.05	3.08	40
CF2D	8000	8	4x16+TTx16Cu	14.43	59	0.05	3.08	40
CF3D	8000	8	4x16+TTx16Cu	14.43	59	0.05	3.08	40
CF4D	8000	8	4x16+TTx16Cu	14.43	59	0.05	3.08	40
ALUM ALM-EXPEDI	5418	0.3	4x2.5Cu	9.78	21	0.01	2	
A1 AE	2160	23	2x2.5+TTx2.5Cu	9.39	21	0.91	2.9	20
A2AE	2880	34	2x2.5+TTx2.5Cu	12.52	21	2	3.99	20
EMERGENCIA AE	378	89	2x2.5+TTx2.5Cu	1.64	21	0.58	2.58	20
ALUM EMBOTELLADO	1656	0.3	4x2.5Cu	2.99	21	0	1.99	
A1 EMB	1440	20	2x2.5+TTx2.5Cu	6.26	21	0.64	2.63	20
EMER EMBOT.	216	46	2x2.5+TTx2.5Cu	0.94	21	0.15	2.14	20
ALUM SALA DEPOSITO	7020	0.3	4x2.5Cu	12.67	21	0.01	2	
A1 DEPO	2160	31	2x2.5+TTx2.5Cu	9.39	21	1.59	3.59	20
A2DEPO	2160	35	2x2.5+TTx2.5Cu	9.39	21	2.11	4.1	20
A3 DEPO	2160	37	2x2.5+TTx2.5Cu	9.39	21	1.98	3.97	20
EMER DEPOSITOS	540	115	2x2.5+TTx2.5Cu	2.35	21	1.04	3.04	20



ALUM ALMACEN	4968	0.3	4x16Cu	8.96	66	0	1.99	
A1 ALAM.	2160	57	2x4+TTx4Cu	9.39	27	1.95	3.94	20
A2 ALAM.	2160	62	2x4+TTx4Cu	9.39	27	2.15	4.14	20
EMER ALMACEN	648	165	2x2.5+TTx2.5Cu	2.82	21	1.92	3.91	20
LIN FUE SALA EXPED	16000	60	4x16+TTx16Cu	28.87	59	0.62	2.61	40
CF1E	8000	8	4x16+TTx16Cu	14.43	59	0.05	2.66	40
CF2E	8000	8	4x16+TTx16Cu	14.43	59	0.05	2.66	40

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm²)	I _{pccI} (kA)	P de C (kA)	I _{pccF} (A)	t _{mcicc} (sg)	t _{ficc} (sg)	L _{máx} (m)	Curvas válidas
LIN FUE ALMACEN	65	4x16+TTx16Cu	3.92	4.5	590.96	9.69			32;B,C
CF1A	8	4x16+TTx16Cu	1.19		544.18	11.43			
LIN FUE SALA DEPOS	86	4x16+TTx16Cu	3.92	4.5	482.15	14.56			50;B
CF1D	8	4x16+TTx16Cu	0.97		450.54	16.68			
CF2D	8	4x16+TTx16Cu	0.97		450.54	16.68			
CF3D	8	4x16+TTx16Cu	0.97		450.54	16.68			
CF4D	8	4x16+TTx16Cu	0.97		450.54	16.68			
ALUM ALM-EXPEDI	0.3	4x2.5Cu	3.92		1827.38	0.02			
A1 AE	23	2x2.5+TTx2.5Cu	3.67	4.5	310.34	0.86			10;B,C,D
A2AE	34	2x2.5+TTx2.5Cu	3.67	4.5	222.07	1.68			16;B,C
EMERGENCIA AE	89	2x2.5+TTx2.5Cu	3.67	4.5	91.68	9.83			10;B
ALUM EMBOTELLADO	0.3	4x2.5Cu	3.92		1827.38	0.02			
A1 EMB	20	2x2.5+TTx2.5Cu	3.67	4.5	348.08	0.68			10;B,C,D
EMER EMBOT.	46	2x2.5+TTx2.5Cu	3.67	4.5	169.48	2.88			10;B,C
ALUM SALA DEPOSITO	0.3	4x2.5Cu	3.92		1827.38	0.02			
A1 DEPO	31	2x2.5+TTx2.5Cu	3.67	4.5	240.75	1.43			10;B,C,D
A2DEPO	35	2x2.5+TTx2.5Cu	3.67	4.5	216.47	1.76			10;B,C,D
A3 DEPO	37	2x2.5+TTx2.5Cu	3.67	4.5	206.08	1.95			10;B,C,D
EMER DEPOSITOS	115	2x2.5+TTx2.5Cu	3.67	4.5	71.76	16.05			10;B
ALUM ALMACEN	0.3	4x16Cu	3.92		1930.52	0.91			
A1 ALAM.	57	2x4+TTx4Cu	3.88	4.5	214.46	4.6			10;B,C,D
A2 ALAM.	62	2x4+TTx4Cu	3.88	4.5	198.94	5.35			10;B,C
EMER ALMACEN	165	2x2.5+TTx2.5Cu	3.88	4.5	50.69	32.17			10;B
LIN FUE SALA EXPED	60	4x16+TTx16Cu	3.92	4.5	624.5	8.68			32;B,C
CF1E	8	4x16+TTx16Cu	1.25		572.5	10.33			
CF2E	8	4x16+TTx16Cu	1.25		572.5	10.33			

Subcuadro CF1A

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
TOMA TRIFASICA 32A	3000	10	4x6+TTx6Cu	5.41	32	0.06	2.49	25
TOMA TRIFASICA 16A	3000	10	4x2.5+TTx2.5Cu	5.41	18.5	0.15	2.58	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	2.73	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	2.73	20

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm²)	I _{pccI} (kA)	P de C (kA)	I _{pccF} (A)	t _{mcicc} (sg)	t _{ficc} (sg)	L _{máx} (m)	Curvas válidas
TOMA TRIFASICA 32A	10	4x6+TTx6Cu	1.09	4.5	430.55	2.57			32;B,C
TOMA TRIFASICA 16A	10	4x2.5+TTx2.5Cu	1.09	4.5	333.14	0.74			16;B,C,D
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	1.09	4.5	333.14	0.74			16;B,C,D
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	1.09	4.5	333.14	0.74			16;B,C,D

Subcuadro CF1D

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
TOMA TRIFASICA 32A	3000	10	4x6+TTx6Cu	5.41	32	0.06	3.14	25
TOMA TRIFASICA 16A	3000	10	4x2.5+TTx2.5Cu	5.41	18.5	0.15	3.23	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	3.38	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	3.38	20

Cortocircuito



Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pccI} (kA)	P de C (kA)	I _{pccF} (A)	t _{mcc} (sg)	t _{ficc} (sg)	L _{máx} (m)	Curvas válidas
TOMA TRIFASICA 32A	10	4x6+TTx6Cu	0.9	4.5	369.74	3.48			32;B,C
TOMA TRIFASICA 16A	10	4x2.5+TTx2.5Cu	0.9	4.5	295.53	0.95			16;B,C
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	0.9	4.5	295.53	0.95			16;B,C
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	0.9	4.5	295.53	0.95			16;B,C

Subcuadro CF2D

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálculo (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
TOMA TRIFASICA 32A	3000	10	4x6+TTx6Cu	5.41	32	0.06	3.14	25
TOMA TRIFASICA 16A	3000	10	4x2.5+TTx2.5Cu	5.41	18.5	0.15	3.23	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	3.38	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	3.38	20

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pccI} (kA)	P de C (kA)	I _{pccF} (A)	t _{mcc} (sg)	t _{ficc} (sg)	L _{máx} (m)	Curvas válidas
TOMA TRIFASICA 32A	10	4x6+TTx6Cu	0.9	4.5	369.74	3.48			32;B,C
TOMA TRIFASICA 16A	10	4x2.5+TTx2.5Cu	0.9	4.5	295.53	0.95			16;B,C
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	0.9	4.5	295.53	0.95			16;B,C
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	0.9	4.5	295.53	0.95			16;B,C

Subcuadro CF3D

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálculo (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
TOMA TRIFASICA 32A	3000	10	4x6+TTx6Cu	5.41	32	0.06	3.14	25
TOMA TRIFASICA 16A	3000	10	4x2.5+TTx2.5Cu	5.41	18.5	0.15	3.23	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	3.38	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	3.38	20

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pccI} (kA)	P de C (kA)	I _{pccF} (A)	t _{mcc} (sg)	t _{ficc} (sg)	L _{máx} (m)	Curvas válidas
TOMA TRIFASICA 32A	10	4x6+TTx6Cu	0.9	4.5	369.74	3.48			32;B,C
TOMA TRIFASICA 16A	10	4x2.5+TTx2.5Cu	0.9	4.5	295.53	0.95			16;B,C
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	0.9	4.5	295.53	0.95			16;B,C
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	0.9	4.5	295.53	0.95			16;B,C

Subcuadro CF4D

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálculo (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
TOMA TRIFASICA 32A	3000	10	4x6+TTx6Cu	5.41	32	0.06	3.14	25
TOMA TRIFASICA 16A	3000	10	4x2.5+TTx2.5Cu	5.41	18.5	0.15	3.23	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	3.38	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	3.38	20

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pccI} (kA)	P de C (kA)	I _{pccF} (A)	t _{mcc} (sg)	t _{ficc} (sg)	L _{máx} (m)	Curvas válidas
TOMA TRIFASICA 32A	10	4x6+TTx6Cu	0.9	4.5	369.74	3.48			32;B,C
TOMA TRIFASICA 16A	10	4x2.5+TTx2.5Cu	0.9	4.5	295.53	0.95			16;B,C
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	0.9	4.5	295.53	0.95			16;B,C
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	0.9	4.5	295.53	0.95			16;B,C

Subcuadro CF1E



Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
TOMA TRIFASICA 32A	3000	10	4x6+TTx6Cu	5.41	32	0.06	2.72	25
TOMA TRIFASICA 16A	3000	10	4x2.5+TTx2.5Cu	5.41	18.5	0.15	2.81	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	2.96	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	2.96	20

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pcc} I (kA)	P de C (kA)	I _{pcc} F (A)	t _m cicc (sg)	t _f cicc (sg)	L _{máx} (m)	Curvas válidas
TOMA TRIFASICA 32A	10	4x6+TTx6Cu	1.15	4.5	448.09	2.37			32;B,C
TOMA TRIFASICA 16A	10	4x2.5+TTx2.5Cu	1.15	4.5	343.55	0.7			16;B,C,D
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	1.15	4.5	343.55	0.7			16;B,C,D
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	1.15	4.5	343.55	0.7			16;B,C,D

Subcuadro CF2E

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
TOMA TRIFASICA 32A	3000	10	4x6+TTx6Cu	5.41	32	0.06	2.72	25
TOMA TRIFASICA 16A	3000	10	4x2.5+TTx2.5Cu	5.41	18.5	0.15	2.81	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	2.96	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	2.96	20

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pcc} I (kA)	P de C (kA)	I _{pcc} F (A)	t _m cicc (sg)	t _f cicc (sg)	L _{máx} (m)	Curvas válidas
TOMA TRIFASICA 32A	10	4x6+TTx6Cu	1.15	4.5	448.09	2.37			32;B,C
TOMA TRIFASICA 16A	10	4x2.5+TTx2.5Cu	1.15	4.5	343.55	0.7			16;B,C,D
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	1.15	4.5	343.55	0.7			16;B,C,D
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	1.15	4.5	343.55	0.7			16;B,C,D

Subcuadro CF1 SR

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
TOMA TRIFASICA 32A	3000	10	4x6+TTx6Cu	5.41	32	0.06	1.67	25
TOMA TRIFASICA 16A	3000	10	4x2.5+TTx2.5Cu	5.41	18.5	0.15	1.76	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	1.91	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	1.91	20

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pcc} I (kA)	P de C (kA)	I _{pcc} F (A)	t _m cicc (sg)	t _f cicc (sg)	L _{máx} (m)	Curvas válidas
TOMA TRIFASICA 32A	10	4x6+TTx6Cu	1.69	4.5	598.61	1.33			32;B,C
TOMA TRIFASICA 16A	10	4x2.5+TTx2.5Cu	1.69	4.5	425.63	0.46			16;B,C,D
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	1.69	4.5	425.63	0.46			16;B,C,D
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	1.69	4.5	425.63	0.46			16;B,C,D

Subcuadro CF2 SR

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
TOMA TRIFASICA 32A	3000	10	4x6+TTx6Cu	5.41	32	0.06	1.67	25
TOMA TRIFASICA 16A	3000	10	4x2.5+TTx2.5Cu	5.41	18.5	0.15	1.76	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	1.91	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	1.91	20

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pcc} I (kA)	P de C (kA)	I _{pcc} F (A)	t _m cicc (sg)	t _f cicc (sg)	L _{máx} (m)	Curvas válidas
--------------	-----------------	-------------------------------	----------------------------	----------------	---------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-------------------------	----------------



TOMA TRIFASICA 32A	10	4x6+TTx6Cu	1.69	4.5	598.61	1.33	32;B,C
TOMA TRIFASICA 16A	10	4x2.5+TTx2.5Cu	1.69	4.5	425.63	0.46	16;B,C,D
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	1.69	4.5	425.63	0.46	16;B,C,D
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	1.69	4.5	425.63	0.46	16;B,C,D

Subcuadro CF3 SR

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
TOMA TRIFASICA 32A	3000	10	4x6+TTx6Cu	5.41	32	0.06	1.67	25
TOMA TRIFASICA 16A	3000	10	4x2.5+TTx2.5Cu	5.41	18.5	0.15	1.76	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	1.91	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	1.91	20

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm²)	I _{pcc} I (kA)	P de C (kA)	I _{pcc} F (A)	t _{mcc} (sg)	t _{ficc} (sg)	L _{máx} (m)	Curvas válidas
TOMA TRIFASICA 32A	10	4x6+TTx6Cu	1.69	4.5	598.61	1.33			32;B,C
TOMA TRIFASICA 16A	10	4x2.5+TTx2.5Cu	1.69	4.5	425.63	0.46			16;B,C,D
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	1.69	4.5	425.63	0.46			16;B,C,D
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	1.69	4.5	425.63	0.46			16;B,C,D

Subcuadro CF1M

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
TOMA TRIFASICA 32A	3000	10	4x6+TTx6Cu	5.41	32	0.06	1.44	25
TOMA TRIFASICA 16A	3000	10	4x2.5+TTx2.5Cu	5.41	18.5	0.15	1.52	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	1.67	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	1.67	20

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm²)	I _{pcc} I (kA)	P de C (kA)	I _{pcc} F (A)	t _{mcc} (sg)	t _{ficc} (sg)	L _{máx} (m)	Curvas válidas
TOMA TRIFASICA 32A	10	4x6+TTx6Cu	2.34	4.5	744.42	0.86			32;B,C,D
TOMA TRIFASICA 16A	10	4x2.5+TTx2.5Cu	2.34	4.5	494.54	0.34			16;B,C,D
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	2.34	4.5	494.54	0.34			16;B,C,D
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	2.34	4.5	494.54	0.34			16;B,C,D

Subcuadro CF2M

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
TOMA TRIFASICA 32A	3000	10	4x6+TTx6Cu	5.41	32	0.06	1.44	25
TOMA TRIFASICA 16A	3000	10	4x2.5+TTx2.5Cu	5.41	18.5	0.15	1.52	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	1.67	20
TOMA 16A	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	5.43	21	0.3	1.67	20

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm²)	I _{pcc} I (kA)	P de C (kA)	I _{pcc} F (A)	t _{mcc} (sg)	t _{ficc} (sg)	L _{máx} (m)	Curvas válidas
TOMA TRIFASICA 32A	10	4x6+TTx6Cu	2.34	4.5	744.42	0.86			32;B,C,D
TOMA TRIFASICA 16A	10	4x2.5+TTx2.5Cu	2.34	4.5	494.54	0.34			16;B,C,D
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	2.34	4.5	494.54	0.34			16;B,C,D
TOMA 16A	10	2x2.5+TTx2.5Cu	2.34	4.5	494.54	0.34			16;B,C,D



Pamplona, a 30 abril del 2014

EL INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL

JAVIER AGUIRRE MUNIAIN



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

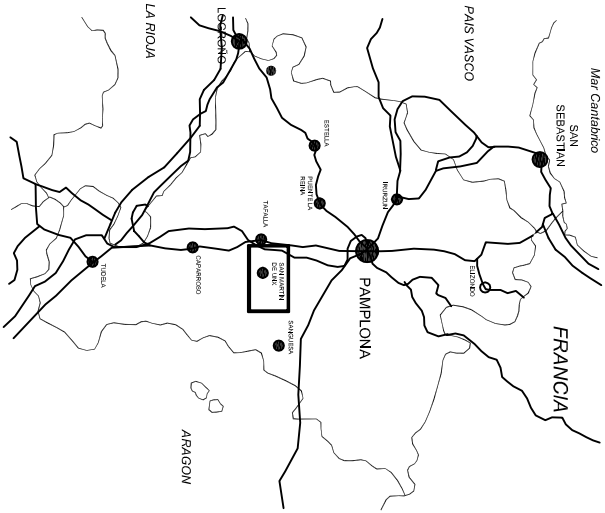
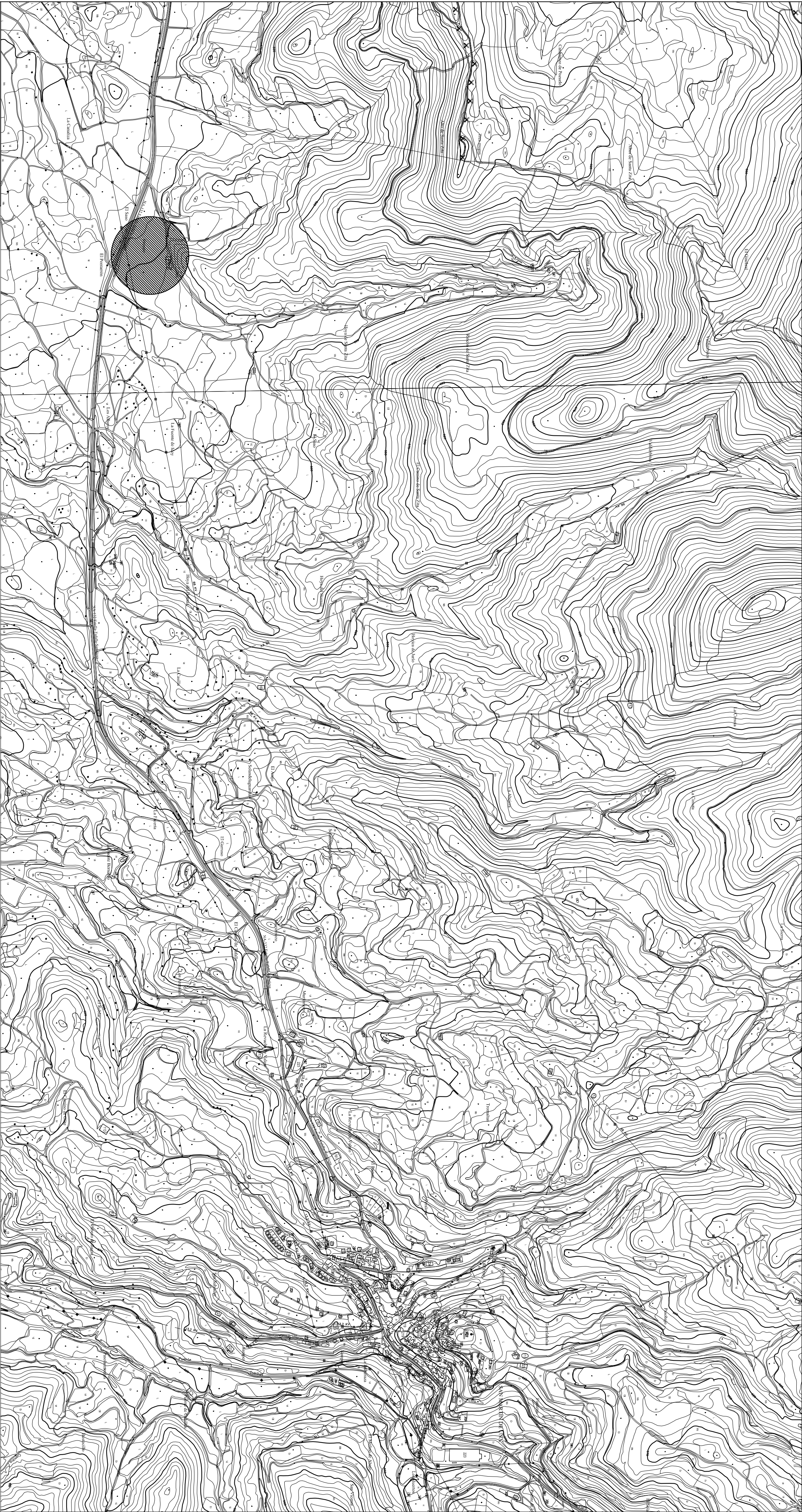
INSTALACION ELÉCTRICA EN BAJA TENSION CON
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UN TRUJAL DE
ACEITE


PLANOS

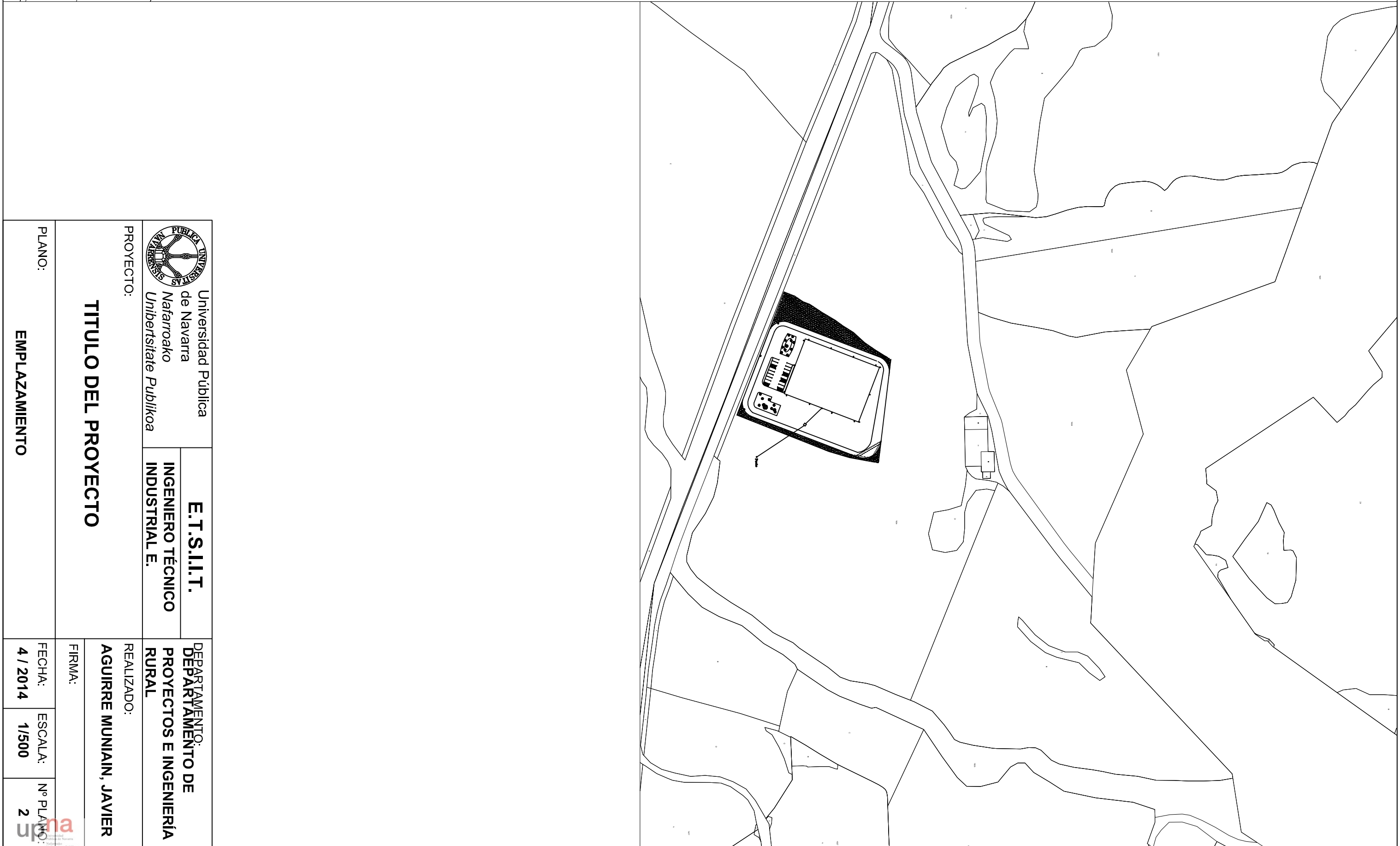
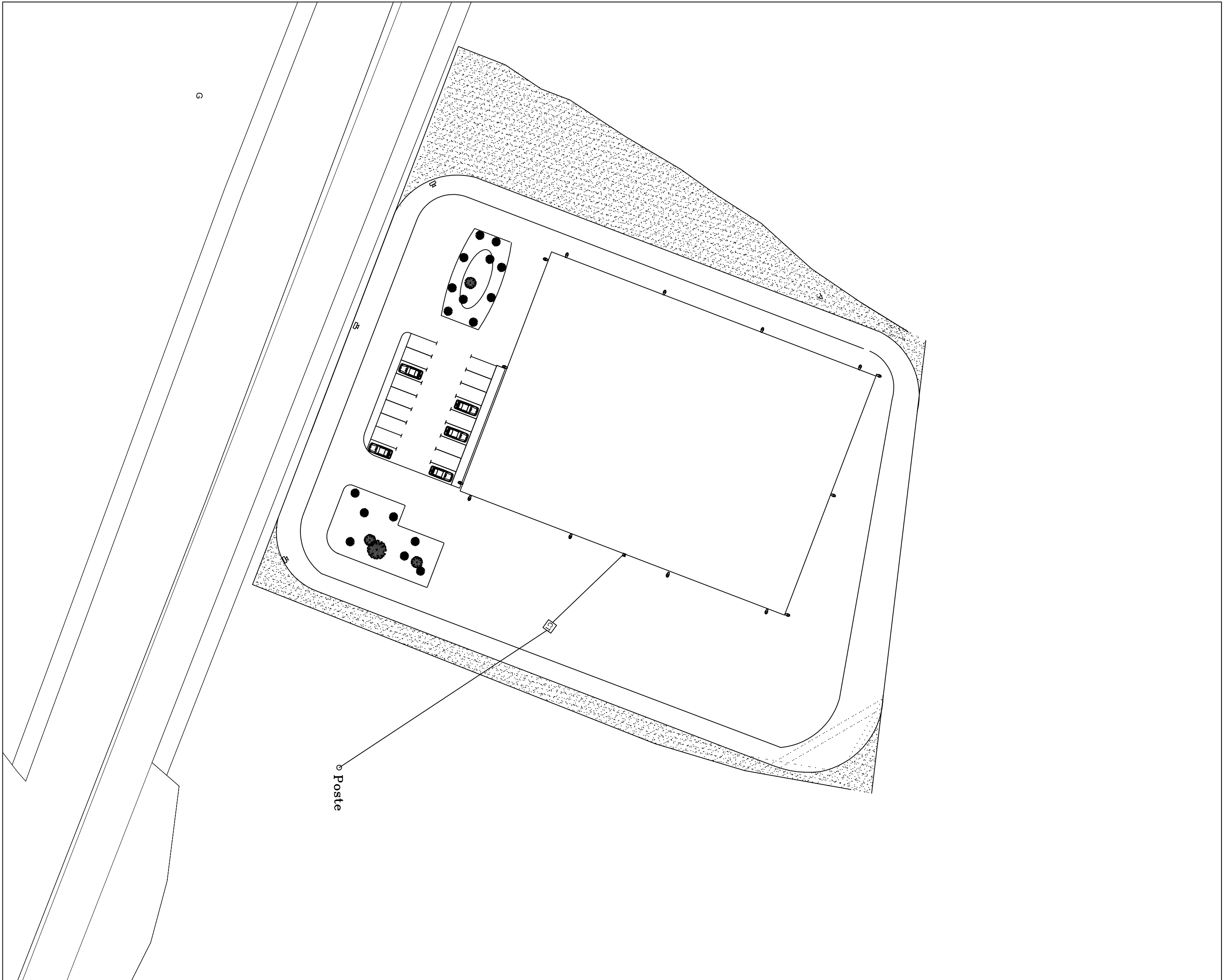
Javier Aguirre Muniain


José Javier Crespo

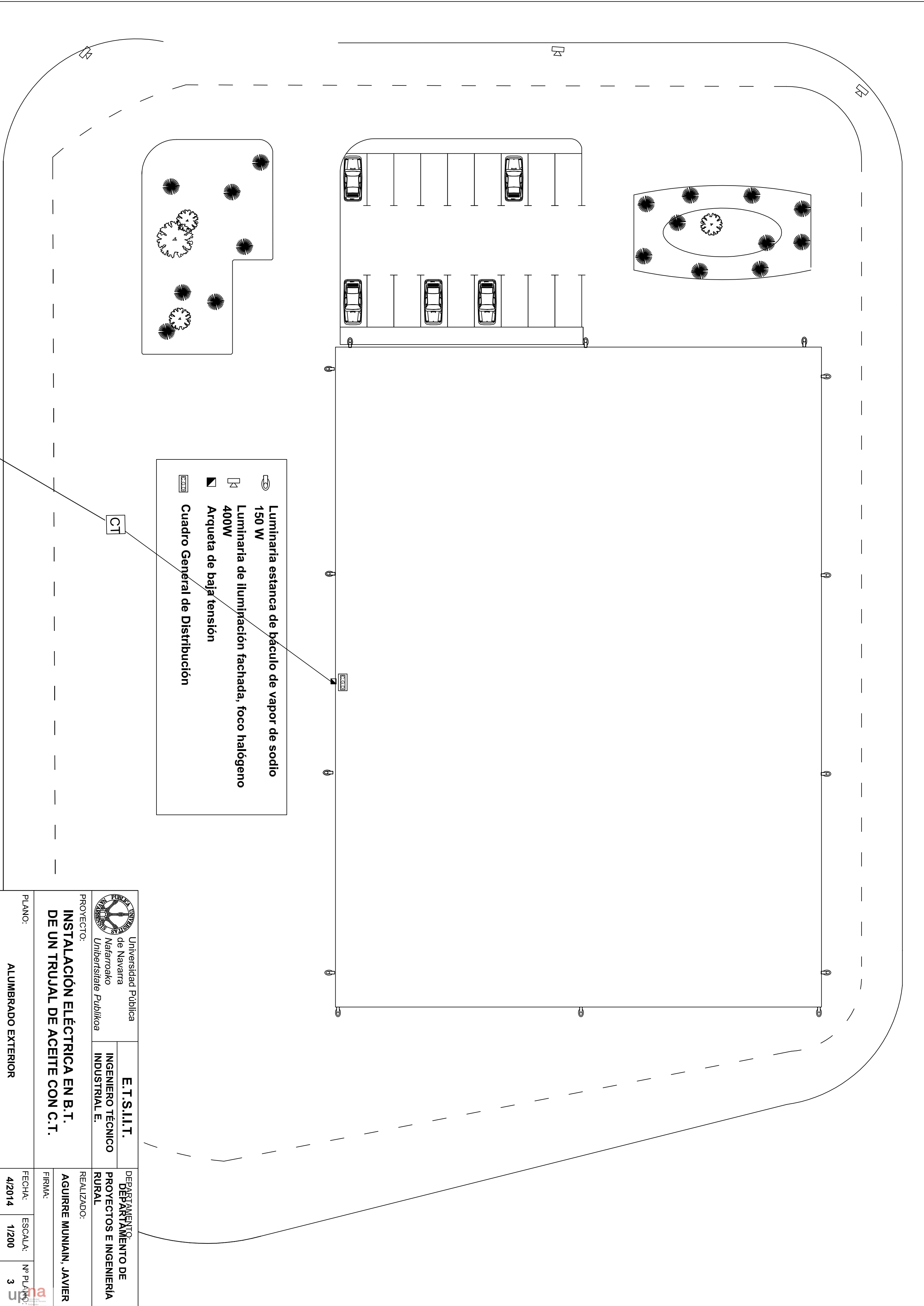
Pamplona, 30/4/2014




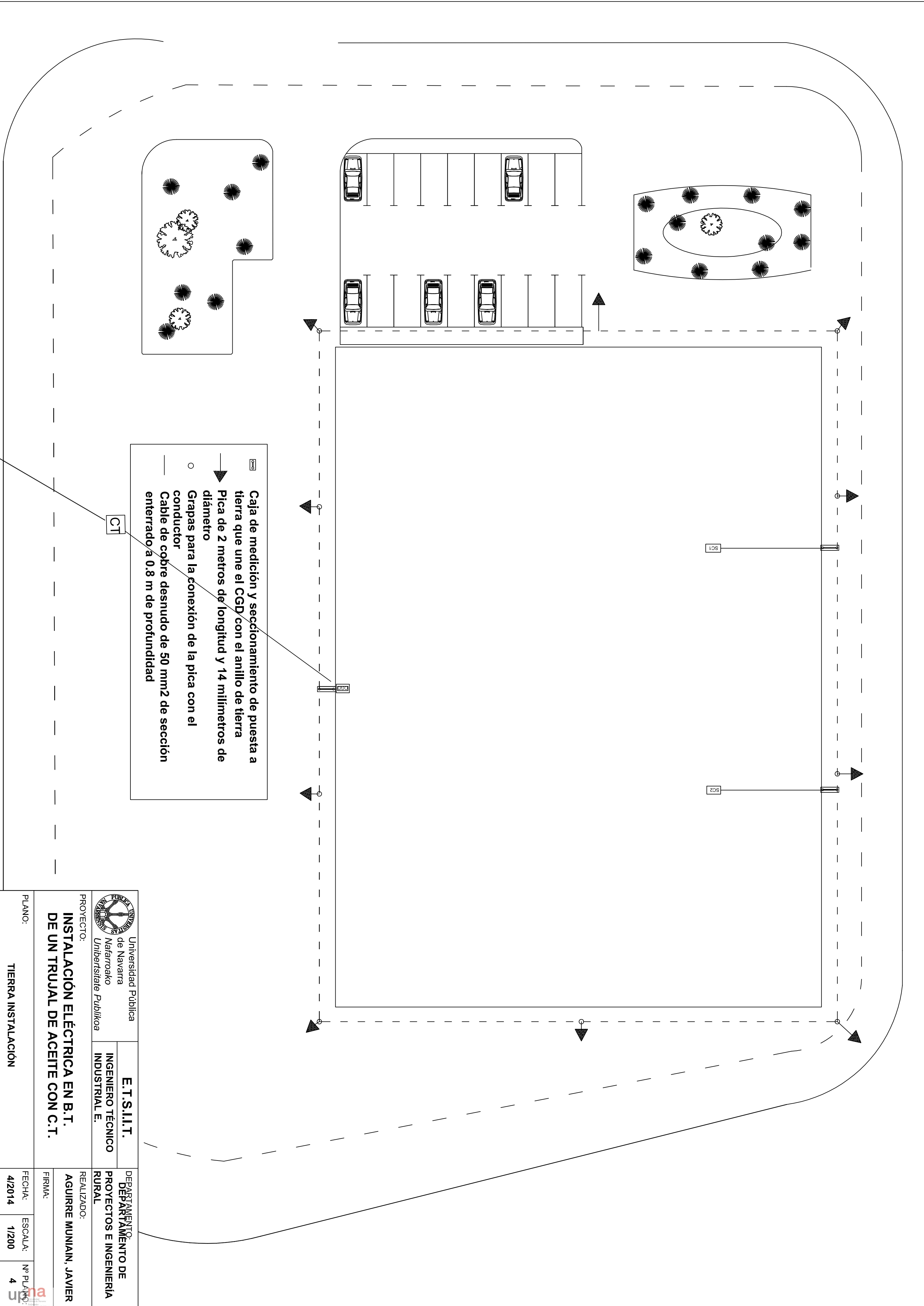
<div><div></div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div>		<div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.</div></div>		<div><div>DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL</div><div>REALIZADO: AGUIRRE MUNIAIN, JAVIER</div></div>	
<div>PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UN TRUJAL DE ACEITE CON C.T.</div>		<div>FIRMA:</div>		<div>FECHA: 4/2014</div>	
<div>PLANO: SITUACIÓN</div>		<div>ESCALA: 1/10000</div>		<div>Nº PLANO: 1</div>	




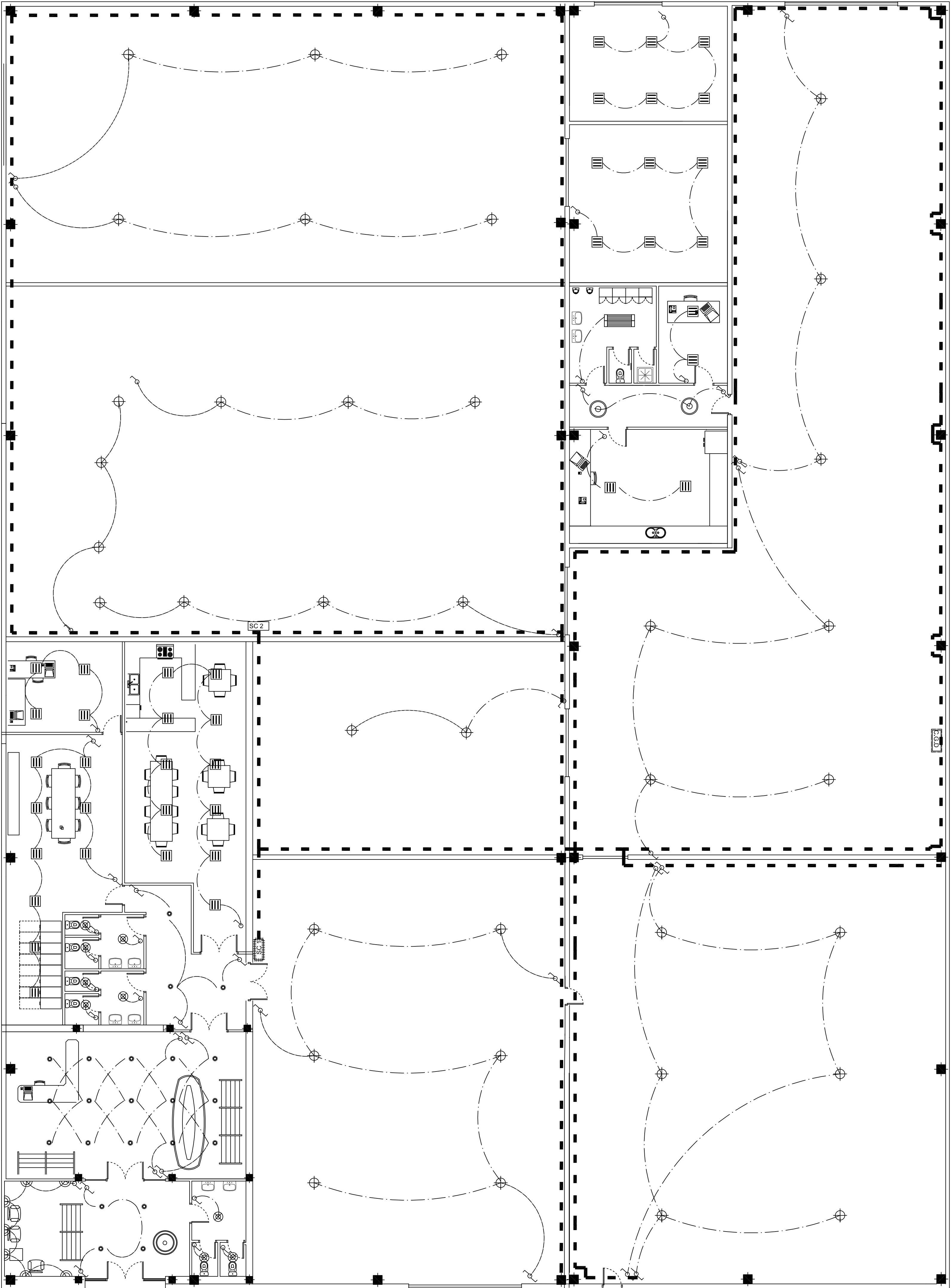
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERIA RURAL	
PROYECTO:		TITULO DEL PROYECTO		REALIZADO: AGUIRRE MUNIAIN, JAVIER	
PLANO:		FIRMA:		FECHA: 4 / 2014	
EMPLAZAMIENTO		ESCALA: 1/500		Nº PLANO: 2	



		E.T.S.I.I.T.	
Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UN TRUJAL DE ACEITE CON C.T.		DEPARTAMENTO DE DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERIA RURAL	
REALIZADO: AGUIRRE MUNIAIN, JAVIER		FIRMA:	
PLANO:		FECHA:	ESCALA:
ALUMBRADO EXTERIOR		4/2014	1/200
		Nº PLANO:	3




 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UN TRUJAL DE ACEITE CON C.T.		INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.		REALIZADO:	
				AGUIRRE MUNIAIN, JAVIER	
				FIRMA:	
PLANO: TIERRA INSTALACIÓN				FECHA:	ESCALA:
				4/2014	1/200
				Nº PLANO:	4



LEYENDA INSTALACION ELECTRICIDAD

- CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCION
- CUADRO DE CONTADORES CPM3
- CUADRO DE TOMA DE FUERZAS. 2 TOMAS TRIFASICAS DE 16 A Y 32 A. 2 TOMAS BIFASICAS DE 16 A LUMINARIA EMPOTRABLE FLOURESCENTES DE 4 X 18 W. PROTECCION IP-20.
- PUNTO CASQUILLO ROSCA E-27
- LUMINARIA HALOGENUROS METALICOS 400W : ILUMINACION GENERAL NAVE
- LUMINARIA ESTANCA FLUORESCENTE DE 2x58 W
- DOWNLIGHT 2 x 32 W
- APLIQUE INTERIOR 100 W
- FOCO HALOGENO 50 W
- INTERRUPTOR SENCILLO
- COMUTADORES
- TOMA DE CORRIENTE 16A VARIOS USOS
- BANDEJA REJIVAN 200



Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.

PROYECTO:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UN TRUJAL DE ACEITE CON C.T.

REALIZADO:

AGUIRRE MUMIAN, JAVIER

FECHA:

4/2014

ESCALA:

1/100

Nº PLANO:

6

PLANO:

INSTALACION ELÉCTRICA, ALUMBRADO Y FUERZA

DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL

FIRMA:

CUADRO DE BAJA TENSION
DEL CENTRO DE TRANSFORMACION

Cuadro General de

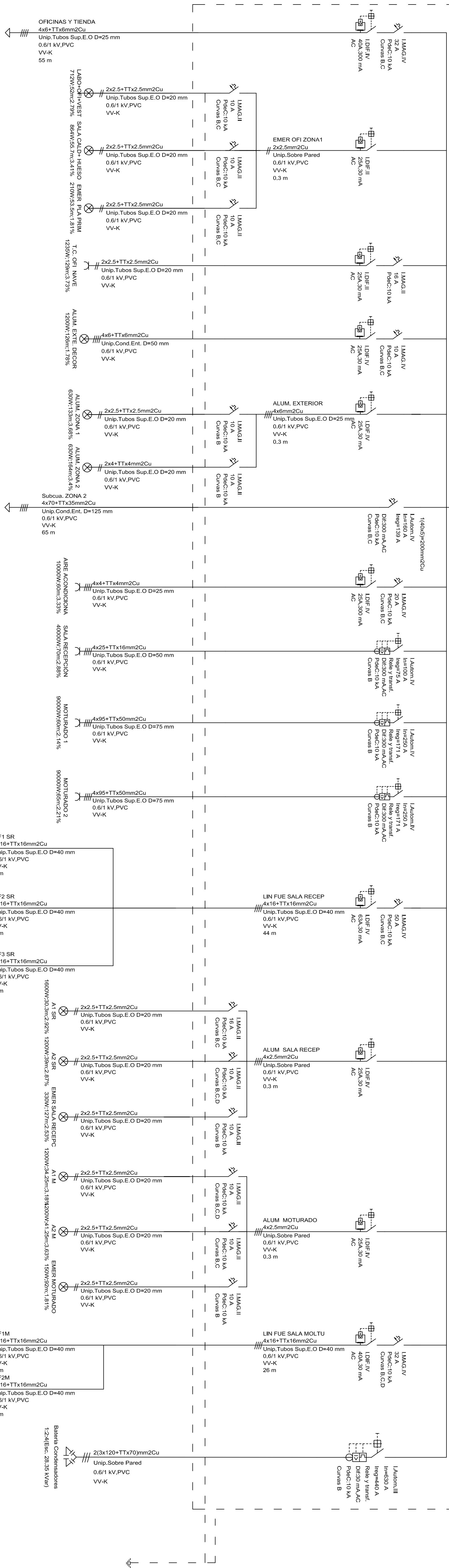
Mando y Protección

3x(3x25/16) mm² Cu
Enterrado a 0.6 m

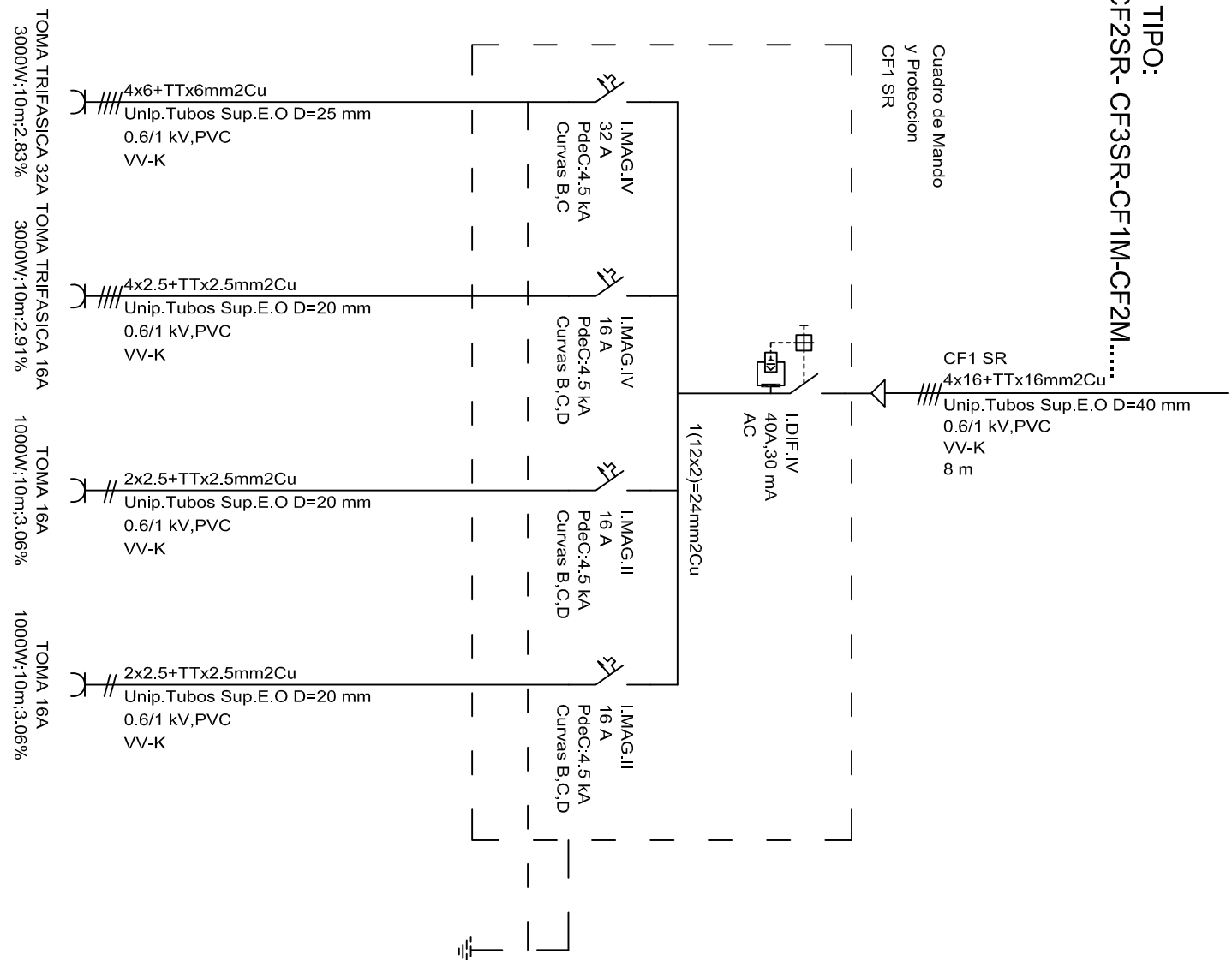
L=22 m

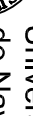


$$L = 22 \text{ m}$$

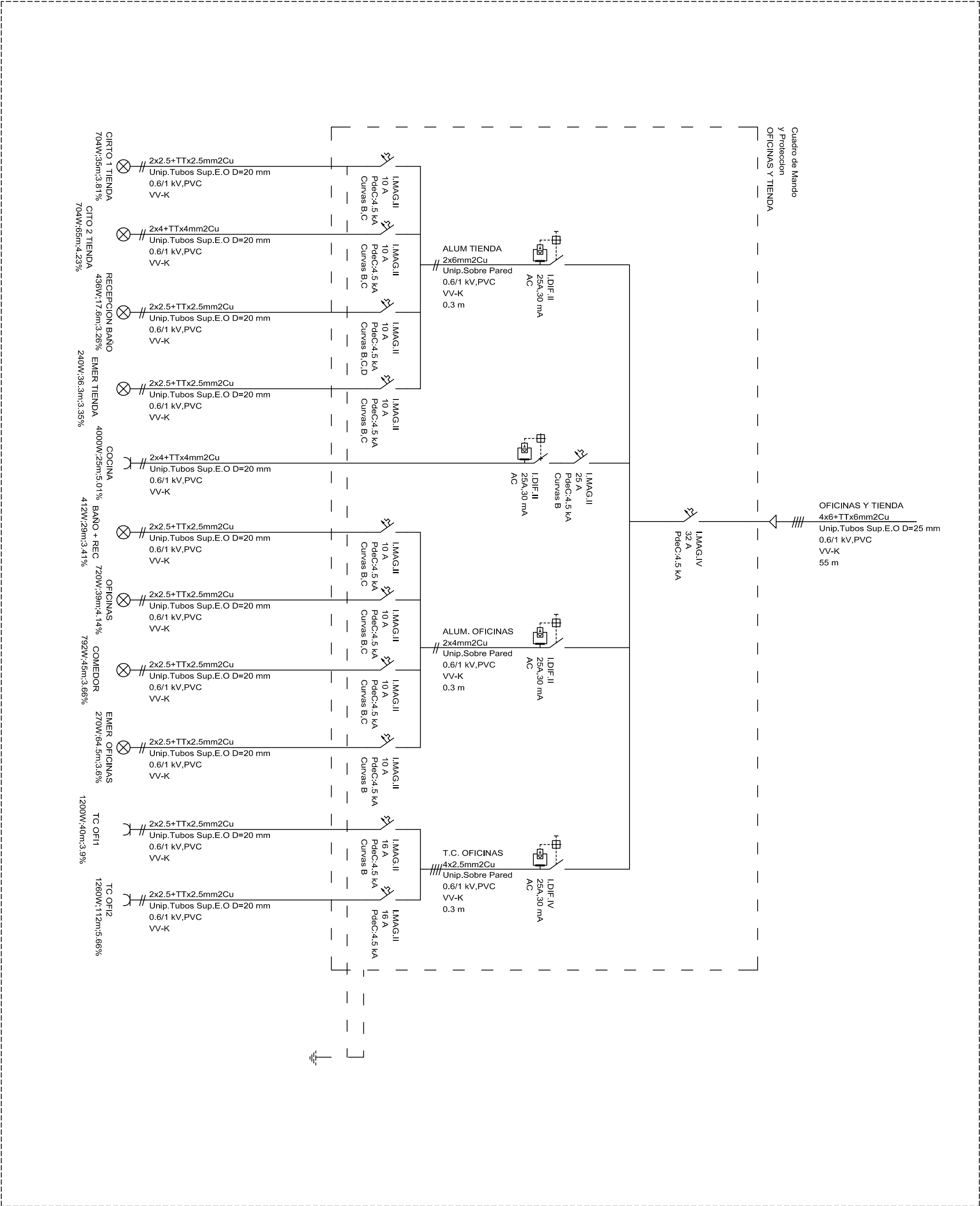
INTERRUPTOR GENERAL AUTOMATICO: 630 A, IV
Termico regulable. I_{reg}: 480 A; P_{de}C: 15 kA; Curvas B




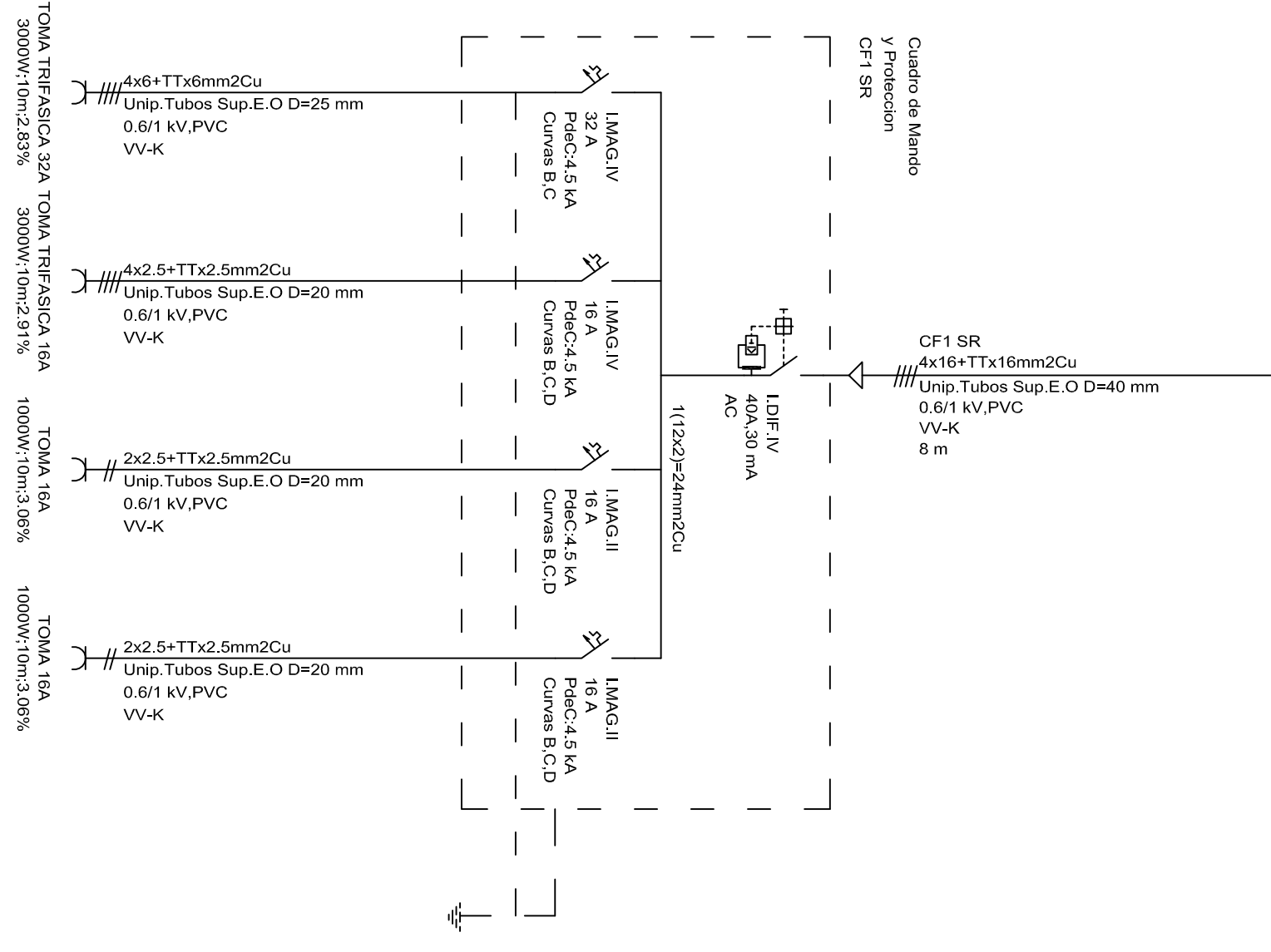
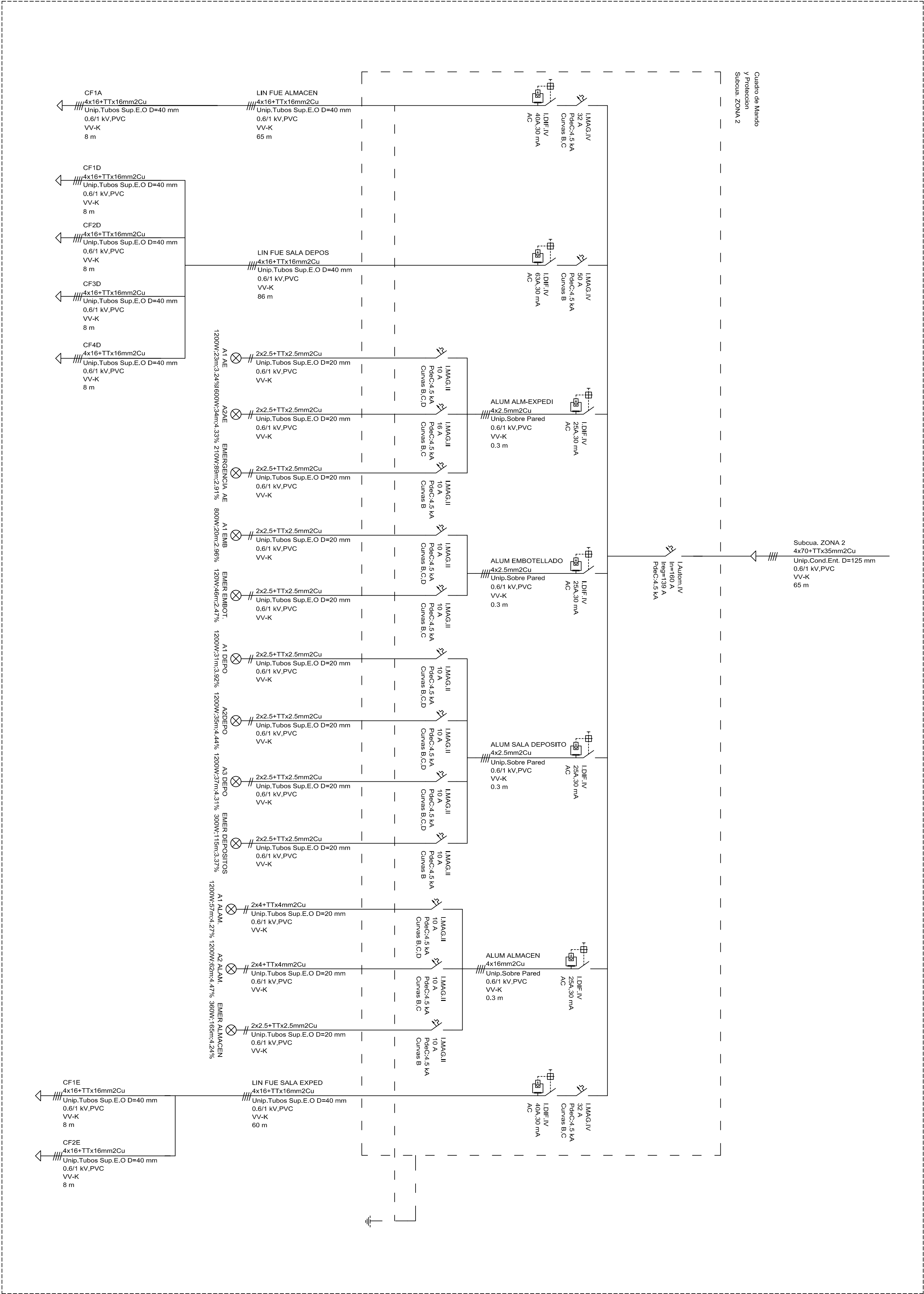
CUADRO TIPO:
CF1SR-CF2SR-CF3SR-CF1M-CF2M



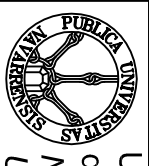
 Universidad Pública de Navarra Maratxoko Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERIA RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UN TRUJAL DE ACEITE CON C.T.		
PLANO: CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN	REALIZADO: AGUIRRE MUNIAN, JAVIER FIRMA:		
FECHA: 4 / 2014	ESCALA: S/E	Nº PLANO: 8	
			



		Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UN TRUJAL DE ACEITE CON C.T.				REALIZADO: AGUIRRE MUNAIN, JAVIER			
PLANO: SUBCUADRO 1: OFICINAS				FIRMA:			
FECHA: 4 / 2014		ESCALA: S/E		Nº PLANO: 9			



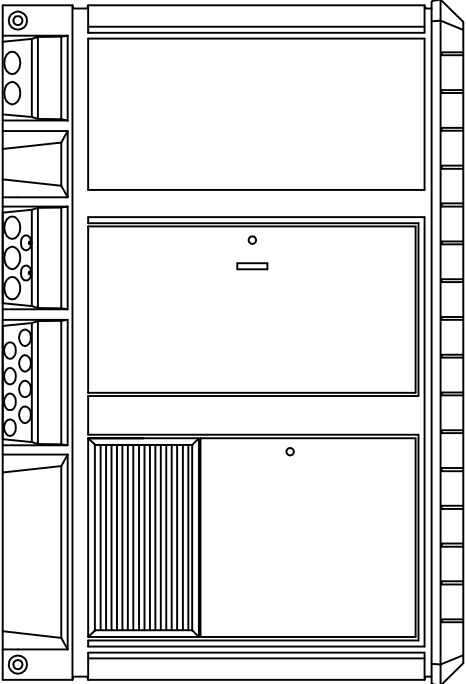
CUADRO TIPO:
CF1A-CF1D-CF2D- CF3D-CF4D-CF1E-CF2E.....

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UN TRUJAL DE ACEITE CON C.T.		REALIZADO: AGUIRRE MUNAÍN, JAVIER	
PLANO: SUBCUADRO 2: ZONA 2		FECHA: 4/2014	
		ESCALA: S/E	
		Nº PLANO: 10	

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE SUPERFICIE

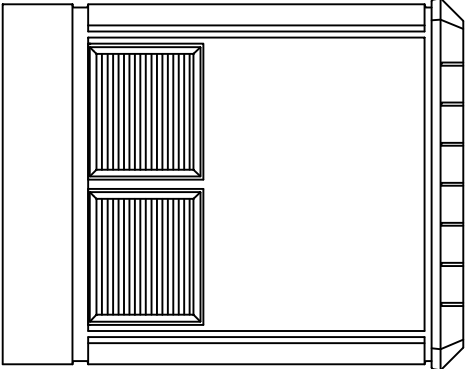
Dimensiones planta: 4,46x2,38x3,045 m

Fachada delantera



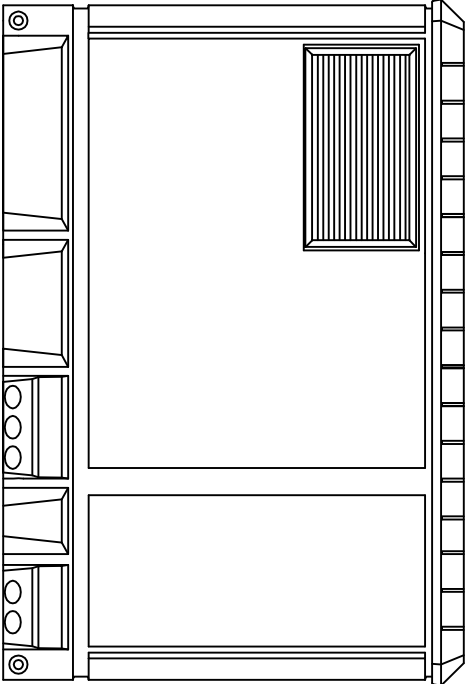
Rejilla de entrada de aire situada en la puerta (1228x642 mm).

Fachada lateral derecha



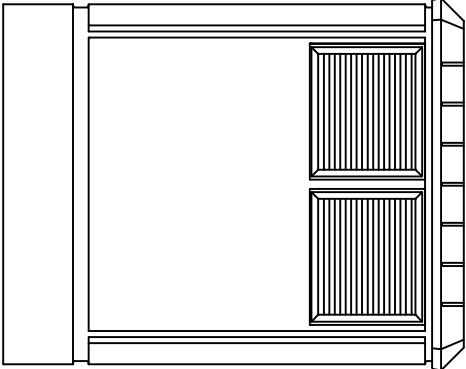
Dos rejillas de entrada de aire (766x642 mm cada una).

Fachada trasera



Rejilla de salida de aire (1228x642 mm).

Fachada lateral izquierda





Dos rejillas de salida de aire (766x642 mm cada una).

NOTA:

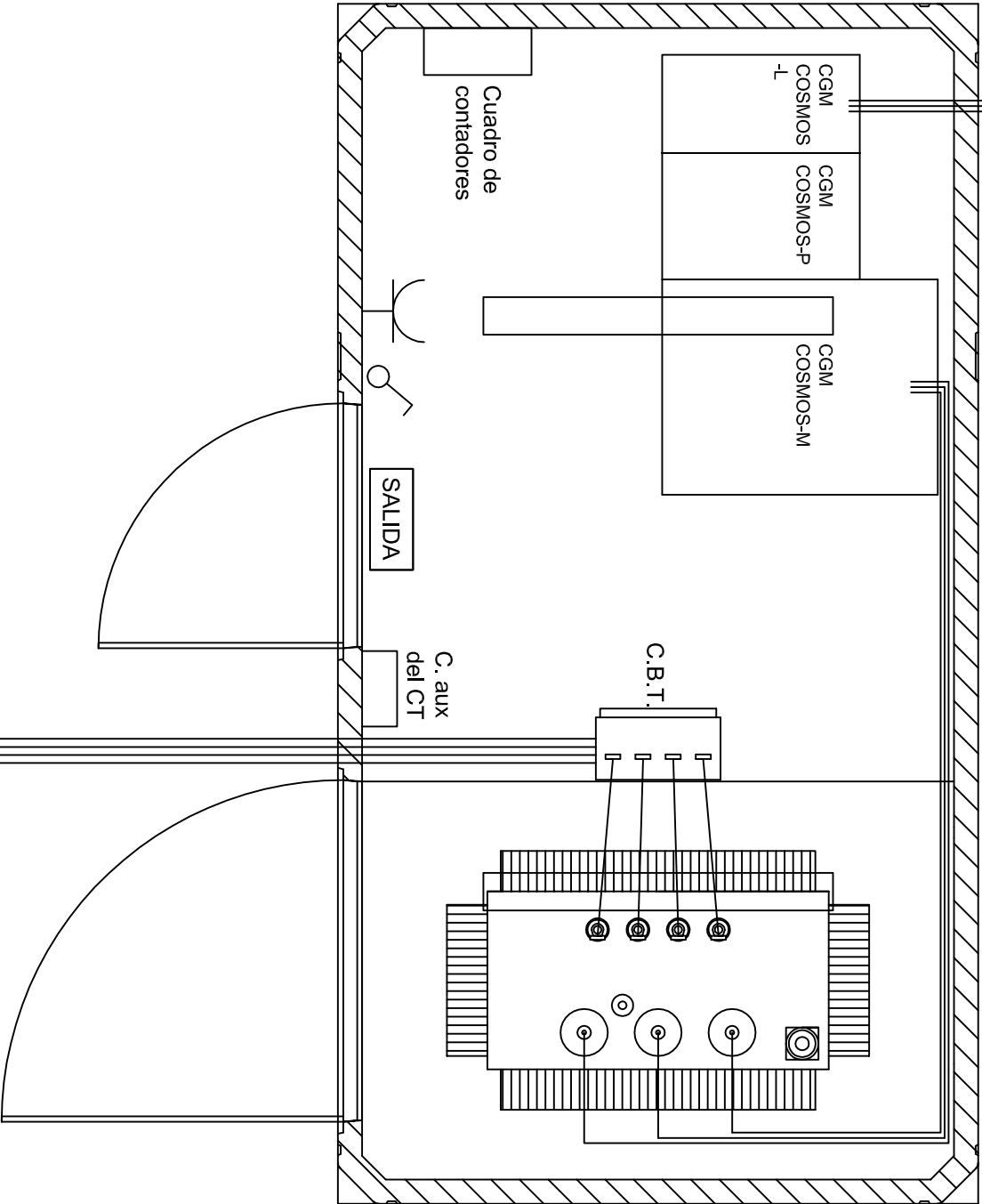
La ventilación será de tipo natural con las rejillas de entrada y de salida de aire enfrentadas.

La diferencia de altura entre los centros de estas rejillas es de 1,4 m.

 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UN TRUJAL DE ACEITE CON C.T.		REALIZADO: AGUIRRE MUNIAIN, JAVIER
PLANO: CASETA DEL C.T.		FIRMA: <div></div>
	FECHA: 4/2014	ESCALA: 1:50
		Nº PLANO: 11

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE SUPERFICIE

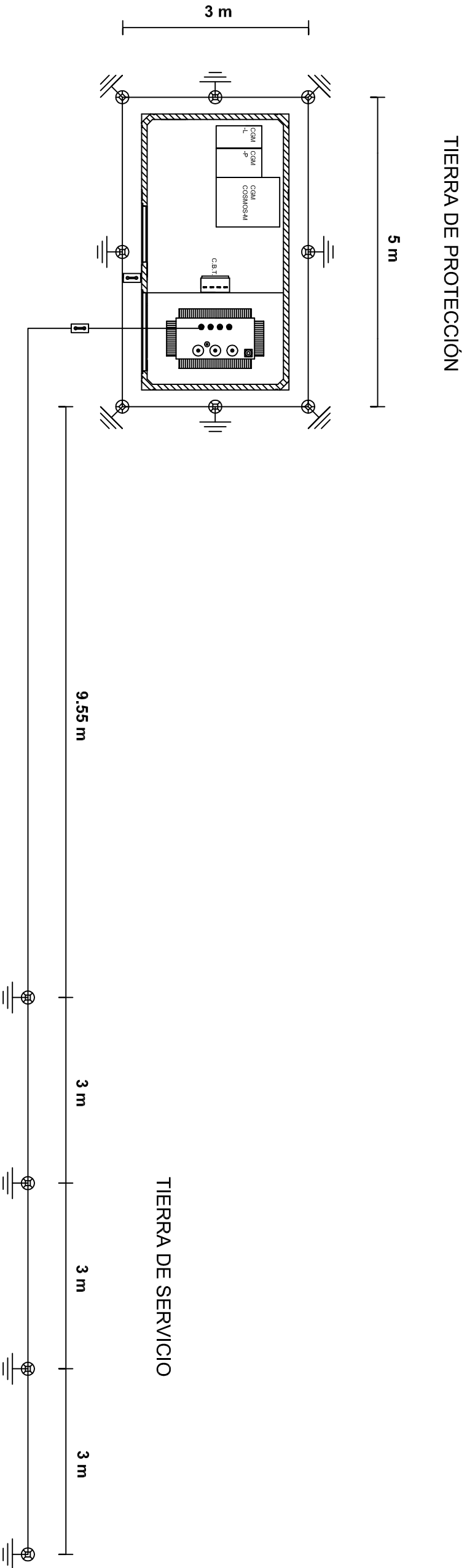
Línea de Media tensión
13,2 KV; IBERDROLA
Subterránea





CGMCOSMOS-L: Celda de línea
CGMCOSMOS-P: Celda de protección con fusibles
CGMCOSMOS-M: Celda de medida


	Toma monofásica
	Luminaria Philips TMW405 1xTL-D36W MB TRA
	Interruptor
	Alumbrado de emergencia Primalum OVA37037E de 65 lm y 6 W
	Cuadro General de Distribución


		E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL	
Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		REALIZADO: AGUIRRE MUNIAIN, JAVIER	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UN TRUJAL DE ACEITE CON C.T.		FIRMA:			
PLANO: DISTRIBUCIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		FECHA: 4/2014		ESCALA: 1:25	
				Nº PLANO 12	




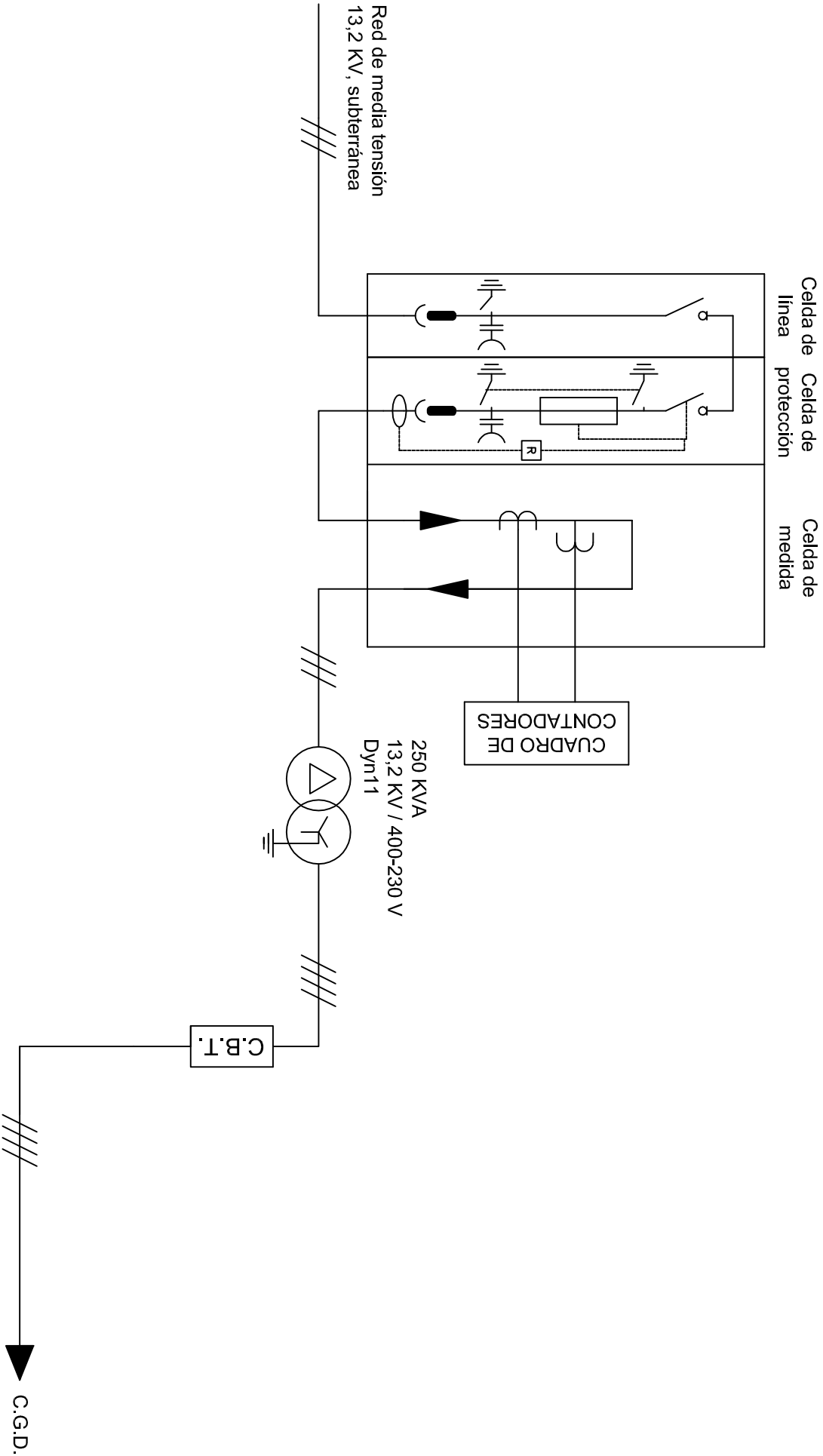
**Caja de medición y seccionamiento de puesta a tierra**

**Pica de cobre de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro**

**Arqueta de registro**

**Conductor de cobre desnudo de 50 mm²**

 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERIA RURAL
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UN TRUJAL DE ACEITE CON C.T.		REALIZADO: AGUIRRE MUNIAIN, JAVIER
PLANO: PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		FIRMA:
		FECHA: 4/2014
		ESCALA: 1:75
		Nº PLANO 13

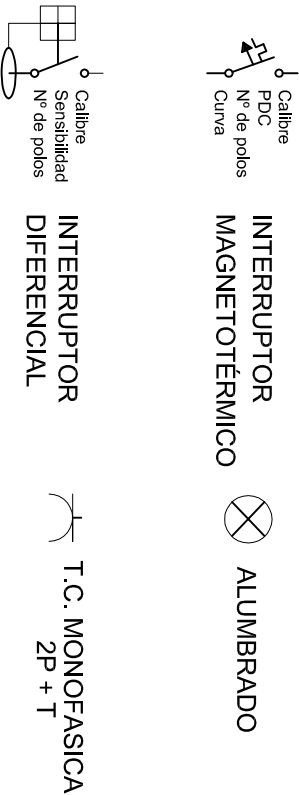
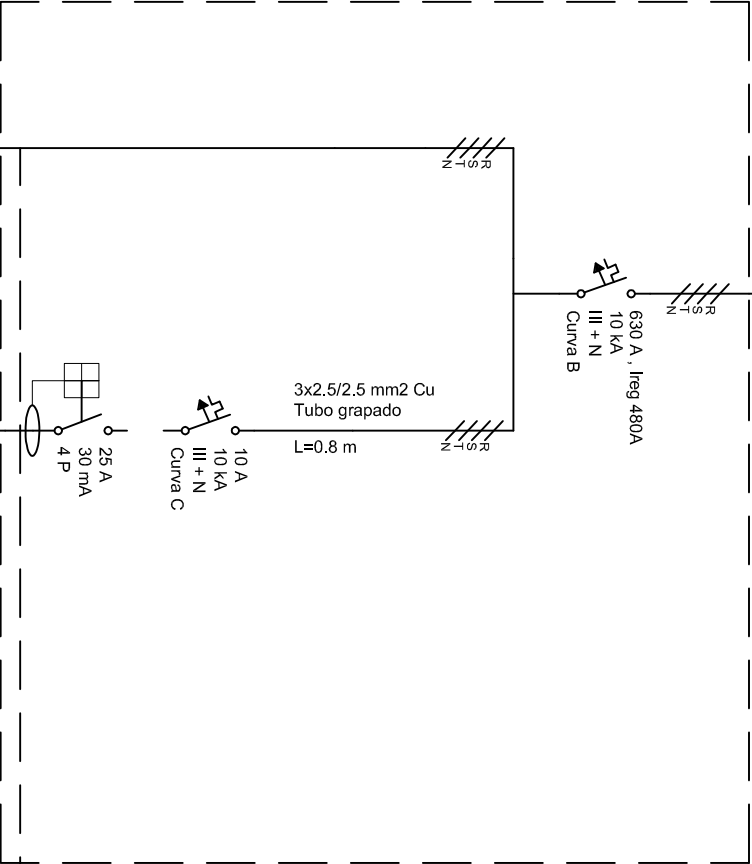


Características de las celdas

CGMCOSMOS-L: Celda de línea	Vn=24 KV In=400 A Intensidad de cortocircuito: 16 KA-20 KA Capacidad de cierre: 40 KA
CGMCOSMOS-P: Celda de protección	Vn=24 KV In=400 A Intensidad de cortocircuito: 16 KA-20 KA Capacidad de cierre: 40 KA Fusibles: 3x40 A
CGMCOSMOS-M Celda de medida	Vn=24 KV In=400 A 3 Transformadores de tensión de relación 13200-22000/110 Clase 05 aislamiento 24 KV. 3 Transformadores de intensidad de relación 15-30/5 A Clase 05 aislamiento 24 KV.

	Interruptor seccionador
	Seccionador de puesta a tierra
	Indicador de presencia de tensión
	Interruptor automático de corte con fusible
	Transformador de intensidad
	Transformador de tensión

	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	
PROYECTO:		REALIZADO:	
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON C.T.		AGUIRRE MUNIAIN, JAVIER	
PLANO:		FIRMA:	
CENTRO DE TRANSFORMACION (UNIFILAR)		FECHA:	ESCALA:
		4/2014	S/E
		Nº PLANO 14	



PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CUADRO B.T. Y AUXILIAR DEL C.T	AGUIRRE MUNIAIN, JAVIER		
	FIRMA:		
FECHA: 4/2014	ESCALA: S/E	Nº PLANO 15	



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACION ELÉCTRICA EN BAJA TENSION CON
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UN TRUJAL DE
ACEITE

PLIEGO DE CONDICIONES

Javier Aguirre Muniain

José Javier Crespo

Pamplona, 30/04/2014



4.1. OBJETO	3
4.2. CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA	4
4.2.1. General	4
4.2.2. Legalidad	4
4.2.3. Al finalizar la obra	5
4.3. CONDICIONES ECONÓMICAS	6
4.3.1. Contrato	6
4.3.2. Derechos y obligaciones del Instalador	6
4.3.2.1. En la ejecución de obra	6
4.3.2.2. Incumplimiento del plazo de ejecución	7
4.3.2.3. En materia social	8
4.3.2.4. En relación a los materiales	9
4.3.2.5. Una vez finalizada la obra	9
4.3.3. A cargo de la Propiedad	9
4.3.4. Fianza	10
4.3.5. Rescisión del contrato	16
4.3.6. Pago de la obra	16
4.4. CONDICIONES TÉCNICAS	16
4.4.1. Calidad de los materiales	16
4.4.1.1. Todos en general	16
4.4.1.2. Los materiales eléctricos	16
4.4.1.2.1. Código de identificación de los conductores	16
4.4.1.2.2. Conductores activos	16
4.4.1.2.3. Conductores de protección	17
4.4.1.2.4. Tubos de protección	18
4.4.1.2.5. Conmutadores, interruptores y tomas de corriente	18
4.4.1.2.6. Cajas de empalmes y derivaciones	18
4.4.1.2.7. Aparatos de protección	19
4.4.1.2.8. Cuadros de protección y maniobra	19
4.4.1.2.9. Alumbrado	20
4.4.1.2.10. Alumbrados especiales	20
4.4.2. Normas de ejecución	21
4.4.2.1. En general	21
4.4.2.2. Instalación eléctrica	22
4.4.2.2.1. Canalizaciones con tubos protectores en montaje interior	22
4.4.2.2.2. Canalizaciones con tubos protectores en montaje superficial	23
4.4.2.2.3. Conductores en bandejas	23
4.4.2.2.4. Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas	24
4.4.2.2.5. Acceso a las instalaciones	24
4.4.2.2.6. Alumbrado	25
4.4.2.2.7. Motores	25
4.4.2.2.8. Puesta a tierra	26
4.4.2.2.9. Uniones a tierra	27
4.4.3. Centro de transformación	28
4.4.3.1. Obra civil	28
4.4.3.2. Aparatación de alta tensión	28
4.4.3.3. Características constructivas	28



4.4.3.3.1. Compartimento de aparellaje	29
4.4.3.3.2. Compartimento de juego de barras	29
4.4.3.3.3. Compartimento de conexión de cables	29
4.4.3.3.4. Compartimento de mando	30
4.4.3.3.5. Compartimentos de control	30
4.4.3.3.6. Fusibles	30
4.4.3.4. Transformador	30
4.4.3.4.1. Normas de ejecución de las instalaciones	30
4.4.3.4.2. Pruebas reglamentarias	31
4.4.3.5. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad	31
4.4.3.5.1. Prevenciones generales	31
4.4.3.5.2. Puesta en servicio	32
4.4.3.5.3. Separación de servicios	32
4.4.3.5.4. Prevenciones especiales	33
4.5. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD	34
4.6. CERTIFICADO QUE DEBE DISPONER EL TITULAR	35



4.1. OBJETO

Este documento tiene por finalidad la ordenación de las condiciones técnicas, generales, económicas y legales en que han de regir la contratación de los trabajos a realizar y de los requisitos técnicos para llevar a buen fin la instalación objeto de este proyecto.



4.2. CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA

4.2.1. General

Este pliego de condiciones, junto con la memoria, cálculos, presupuesto y planos, son los documentos que han servido de base para la total realización de las unidades de la Instalación y por consiguiente, son de obligada observancia por el Instalador quién sin embargo podrá proponer las modificaciones que considere oportunas.

Todas las condiciones de ejecución y calidad, así como las condiciones de recepción de materiales y características de los mismos que figuran en la memoria del presente proyecto han de considerarse condiciones facultativas y técnicas del presente pliego de condiciones.

La oferta que presente la empresa instaladora o el Instalador deberá ajustarse a las especificaciones técnicas del Proyecto, entendiéndose que de no requerir variaciones, se declaran de acuerdo con el mismo, tomando plena responsabilidad en cuanto a un correcto funcionamiento se refiere.

4.2.2. Legalidad

La realización del proyecto deberá regirse por lo presente en este pliego y por las normativas específicas para cada actividad:

- Instalación eléctrica

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.	RD 3275/1982
Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.	RD 842/2002
Construcción y ensayo de material eléctrico de seguridad aumentada.	UNE 20.328

- Protección contra incendios

Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.	RD 1942/1993
Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos instaladores.	RD 786/2001



- Seguridad y salud

La normativa que se refiere a este apartado aparece detallada en el Estudio Básico de Seguridad y Salud que se realiza a continuación.

4.2.3. Al finalizar la obra

Durante la obra o al finalizar el director de obra podrá revisar todos los trabajos e instalaciones para verificar que cumplen tanto el proyecto como las especificaciones de calidad.

Cuando se finaliza la obra, es deber del contratista solicitar la recepción del trabajo, en el cuál se incluyen las mediciones de conductividad de la tierra y el aislamiento de los cables. Al acabar también se le entregará el plano de final de obra, en el que aparece la obra y todos los edificios, carreteras, aceras que están junto a él. Junto con el plano se otorga el certificado de finalización de obra para que esta pueda legalizarse.



4.3. CONDICIONES ECONÓMICAS

4.3.1. Contrato

El contrato será un documento de carácter privado en el que se establecerán las condiciones económicas generales de común acuerdo entre la Propiedad y el Instalador. El carácter del contrato puede ser cambiado a público a petición de una de las partes, corriendo todos los gastos que ello ocasione a cuenta del que lo solicite.

En el Contrato Privado de Adjudicación de Obra se establecerán los plazos de ejecución de la obra de mutuo acuerdo entre la Propiedad y el Instalador. Como fecha de comienzo se cogerá aquella que el Instalador comunique a la Propiedad en un plazo no superior a 90 días a partir de la fecha en la que se firme el contrato.

Tras la firma del contrato, dado el carácter de la instalación que se pretende con este proyecto, no se admitirán revisiones de los precios en los materiales.

Solamente en el caso de que en el transcurso de la obra se aprobasen oficialmente aumentos de precio de jornales se admitirá revisión en la cantidad contratada para mano de obra y en la parte proporcional en que ésta se pudiera ver afectada.

4.3.2. Derechos y obligaciones del Instalador

4.3.2.1. En la ejecución de obra

La instalación se llevará a efecto, ateniéndose a las condiciones generales, al proyecto de detalles indicados en el mismo y a cuantas operaciones sean indispensables para que la instalación quede completamente bien acabada aunque no se indique expresamente en estos documentos.

Para resolver cualquier duda en la interpretación de los documentos, el Instalador, consultará al respecto al autor del proyecto, obligándose a rehacer cuantas partes del trabajo no se hubiesen realizado de acuerdo con lo estipulado.

Hasta la recepción definitiva, el Instalador es exclusivamente responsable de la ejecución de la instalación contratada y de las faltas que en ella puedan existir.

El Instalador deberá presentarse en la obra siempre que sea convocado por la Dirección Facultativa o la Propiedad y especialmente asistirá a todas las visitas de obra oficiales, durante el periodo en que se desarrollen los trabajos.



La interpretación de los trabajos realizados corresponde a la Dirección Facultativa por lo que el Instalador se verá obligado a demoler y rehacer todos aquellos trabajos que la dirección considere defectuosos.

En el caso de que el instalador propusiera alguna modificación, habrá de presentarla detalladamente antes de realizar ningún trabajo o encargo de materiales y con tiempo suficiente para que no se altere el plan de obra y reservando a la Dirección Facultativa un plazo suficiente para estudiar la propuesta y que nunca será inferior a quince días.

Junto con la oferta económica, el Instalador presentará unos plazos mínimos de ejecución de cada una de las partes y fases de su trabajo. Después de la adjudicación el Instalador y el Constructor, llegarán a un acuerdo sobre los plazos ofertados dentro del plan general de la obra.

El plazo global de ejecución será el que se determine en el Contrato Privado de Adjudicación de Obra y establecido, de común acuerdo, entre la Propiedad y la Empresa Instaladora.

La Dirección Facultativa puede, si lo considera necesario para la buena ejecución de la instalación, varar parcialmente el proyecto para lo cual se establecerá contratación separada y fijada por medio de precios contradictorios, previamente aprobados por las partes.

La instalación será ejecutada por operarios de aptitud reconocida, pudiendo la dirección Facultativa exigir la separación de aquellos que, a su juicio, no reúnan los conocimientos necesarios.

4.3.2.2. Incumplimiento del plazo de ejecución

En caso de retraso injustificado el cumplimiento de las fechas de ejecución, el Instalador incurrirá en las penalidades establecidas en el Contrato, pudiéndosele imputar el total o parte de las penalidades en que hayan incurrido el resto de los oficios así como el Constructor, a causa del retraso del Instalador.

En el caso de que el Instalador se viera, por causa justificada, obligado a retrasar los plazos de ejecución, deberá comunicarlo por escrito a la Propiedad y a la Dirección Facultativa, alegando las causas que determinan el retraso.

Si el Instalador se negase a realizar por su cuenta los trabajos para ultimar la instalación en las condiciones contratadas o los demorase indefinidamente, se podrá



ordenar su ejecución a un tercero, o directamente por administración, abonando su importe con la retención en concepto de fianza sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la Propiedad en el caso de que el importe de la fianza no bastase para abonar el importe de los gastos efectuados en las unidades.

4.3.2.3. En materia social

Se supone que el Instalador está enterado de lo que dispone la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobado por Orden de 9 de Marzo de 1971, y el vigente Reglamento de Seguridad del Trabajo en la Industria de la Construcción y Siderometalúrgica, según las Ordenes del Ministerio de Obras Públicas de 20 de Mayo de 1952 y complementarias.

El Instalador será responsable de todos los accidentes, daños o perjuicios que puedan ocurrir o sobrevenir como consecuencia directa o indirecta de la ejecución de la instalación debiendo tener presente todo cuanto se determina en las Ordenanzas de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

El Instalador es responsable de las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo, debiendo éste adoptar y aplicar las disposiciones y medidas que dicte la Inspección de Trabajo, los organismos competentes y la normativa vigente.

El Instalador deberá establecer un plan de seguridad e higiene que especifique las formas de aplicación de las medidas necesarias con el fin de asegurar eficazmente al personal que pueda estar en la obra, la higiene y primeros auxilios de enfermos o accidentados y la seguridad de las instalaciones. El plan debe ser entregado a la Propiedad en un tiempo máximo de 90 días después de la firma del contrato. La ausencia de este documento puede o su incumplimiento puede ser motivo de ruptura de contrato. Si este documento se ve modificado por las circunstancias de la obra, se le deberá comunicar con la mayor rapidez posible a la Propiedad. Los gastos debidos a la puesta en funcionamiento del plan corren a cargo del Instalador, y se consideran incluidos en los precios del contrato. Las medidas de este plan podrían ser: formación del personal en materia de seguridad e higiene, carteles y señales de riesgo en la obra, mantenimiento de limpieza y seguridad en la obra, protecciones de las distintas instalaciones, suministro de Equipos de Protección Individual (EPIs) y Colectiva,...

En la ejecución del proyecto se debe fundar un Comité de Seguridad compuesto por una persona de cada empresa participante en la obra (carpinteros, electricistas, fontaneros,... si cada gremio fuera de empresas distintas), que se debe encargar de aplicar las medidas adoptadas por el Comité en su empresa y en la obra. Los gastos de este Comité se repartirán entre las distintas empresas proporcionalmente. Este Comité



además se encargará de pasar los partes de accidentes que causen baja en el empleo a la Propiedad.

El incumplimiento de las obligaciones del Instalador o del Comité en cuestión de Seguridad e Higiene no implicará responsabilidad alguna sobre la Propiedad.

4.3.2.4. En relación a los materiales

El Instalador tiene la obligación de saber la procedencia de todos los materiales y deberá presentar los albaranes de entrega de los materiales que constituyen la instalación si así se lo requieren. Además, todos los materiales que instale llevarán impreso en un lugar visible la marca y el modelo que deberán coincidir con las referencias que se dan en los documentos del proyecto.

4.3.2.5. Una vez finalizada la obra

Al finalizar la instalación, el Instalador entregará a la Propiedad los diversos certificados de garantía de los equipos, así como los documentos de Recepción que se reseñan en las normativas correspondientes.

Una vez terminadas las instalaciones, la empresa instaladora realizará ante la Dirección Facultativa las pertinentes pruebas de funcionamiento, durante el tiempo necesario para comprobar que la instalación se ha ejecutado correctamente. Durante la ejecución de las pruebas el Instalador queda obligado a reparar, a su costa, cuantos defectos y deformaciones se pudieran apreciar.

Se establece un periodo de garantía mínima de un año para todos los elementos de la instalación que comenzará a contarse a partir del momento en que terminen las pruebas con el visto bueno de la Dirección Facultativa.

Transcurrido el plazo de garantía se procederá a realizar la recepción definitiva de las instalaciones, quedando revelado, el Instalador, de toda responsabilidad.

4.3.3. A cargo de la propiedad

El Instalador, durante la ejecución de los trabajos tendrá derecho a disponer de un local suficientemente amplio para almacenamiento de sus materiales y herramientas, provisto de cerradura o candado, de manera que, tan sólo él, tenga acceso al mismo y siendo de su responsabilidad el extravío o robo de materiales.



Asimismo, se le suministrará por cuenta de la Propiedad energía eléctrica y agua durante el tiempo de montaje.

Podrá disponer de los elementos de transporte horizontal y vertical que existan en obra para cuya utilización deberá previamente ponerlo en conocimiento de la Propiedad.

4.3.4. Fianza

La fianza que, en concepto de garantía, se retendrá al Instalador será de un 7% de los pagos que se establezcan en contrato. Dicha fianza se le devolverá una vez finalizado el plazo de garantía.

Dicha fianza sería retenida o utilizada por la Propiedad en caso que el Instalador se negase a realizar por su cuenta los trabajos para ultimar la instalación en las condiciones o en caso de su demora indefinida. Esta utilización de la fianza no perjudica a las acciones legales que la Propiedad tenga derecho.

4.3.5. Rescisión del contrato (Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios)

Artículo 124.- La rescisión administrativa de los contratos deberá ser el último medio que las dependencias y entidades utilicen, ya que en todos los casos, previamente, deberán promover la ejecución total de los trabajos y el menor retraso posible.

En el caso de rescisión, las dependencias y entidades optarán por aplicar retenciones o penas convencionales antes de iniciar el procedimiento de rescisión, cuando el incumplimiento del contrato derive del atraso en la ejecución de los trabajos.

Artículo 125.- Cuando la Propiedad sea la que determine rescindir un contrato, dicha rescisión operará de pleno derecho y sin necesidad de declaración judicial, bastando para ello que se cumpla el procedimiento que para tal efecto se establece en la Ley; en tanto que si es el Instalador quien decide rescindirlo, será necesario que acuda ante la autoridad judicial federal y obtenga la declaración correspondiente.

Artículo 126.- Cuando se obtenga la resolución judicial que determine la rescisión del contrato por incumplimiento de alguna de las obligaciones, imputables a la Propiedad, se estará a lo que resuelva la autoridad judicial.

Artículo 127.- La Propiedad procederá a la rescisión administrativa del contrato cuando se presente alguna de las siguientes causas:



I. Si el Instalador, por causas imputables a él, no inicia los trabajos objeto del contrato dentro de los quince días siguientes a la fecha convenida sin causa justificada conforme a la Ley y este Reglamento;

II. Si interrumpe injustificadamente la ejecución de los trabajos o se niega a reparar o reponer alguna parte de ellos, que hubiere sido detectada como defectuosa por la Propiedad o la Dirección Facultativa;

III. Si no ejecuta los trabajos de conformidad con lo estipulado en el contrato o sin motivo justificado no acata las órdenes dadas por el residente de obra o por el supervisor;

IV. Si no da cumplimiento a los programas de ejecución por falta de materiales, trabajadores o equipo de construcción y, que a juicio de la Propiedad, el atraso pueda dificultar la terminación satisfactoria de los trabajos en el plazo estipulado.

No implicará retraso en el programa de ejecución de la obra y, por tanto, no se considerará como incumplimiento del contrato y causa de su rescisión, cuando el atraso tenga lugar por la falta de información referente a planos, especificaciones o normas de calidad, de entrega física de las áreas de trabajo y de entrega oportuna de materiales y equipos de instalación permanente, de licencias, y permisos que deba proporcionar o suministrar la Propiedad, así como cuando la Propiedad hubiere ordenado la suspensión de los trabajos;

V. Si es declarado en concurso mercantil en los términos de la Ley de Concursos Mercantiles;

VI. Si subcontrata partes de los trabajos objeto del contrato, sin contar con la autorización por escrito de la Propiedad;

VII. Si cede los derechos de cobro derivados del contrato, sin contar con la autorización por escrito de la Propiedad;

VIII. Si el Instalador no da a la Propiedad y a las dependencias que tengan facultad de intervenir, las facilidades y datos necesarios para la inspección, vigilancia y supervisión de los materiales y trabajos;

IX. Si el Instalador cambia su nacionalidad por otra, en el caso de que haya sido establecido como requisito, tener una determinada nacionalidad;

X. Si siendo extranjero, invoca la protección de su gobierno en relación con el contrato, y en general, por el incumplimiento de cualquiera de las obligaciones derivadas del contrato, las leyes, tratados y demás aplicables.



Las dependencias y entidades, atendiendo a las características, magnitud y complejidad de los trabajos, podrán establecer en los contratos otras causas de rescisión.

Artículo 128.- En la notificación que la Propiedad realicen al Instalador respecto del inicio del procedimiento de rescisión, se señalarán los hechos que motivaron la determinación de dar por rescindido el propio contrato, relacionándolos con las estipulaciones específicas que se consideren han sido incumplidas.

Artículo 129.- Si transcurrido el plazo que señala la fracción I del artículo 61 de la Ley, el Instalador no manifiesta nada en su defensa o si después de analizar las razones aducidas por éste, la Propiedad estima que las mismas no son satisfactorias, emitirá por escrito la determinación que proceda.

Los trámites para hacer efectivas las garantías se iniciarán a partir de que se dé por rescindido el contrato.

Artículo 130.- El acta circunstanciada de la rescisión deberá contener, como mínimo, lo siguiente:

- I. Lugar, fecha y hora en que se levanta;
- II. Nombre y firma del residente de obra de la Propiedad y, en su caso, del supervisor y del superintendente de construcción del Instalador;
- III. Descripción de los trabajos y de los datos que se consideren relevantes del contrato que se pretende rescindir;
- IV. Importe contractual considerando, en su caso, los convenios de modificación;
- V. Descripción breve de los motivos que dieron origen al procedimiento de rescisión, así como de las estipulaciones en las que el Instalador incurrió en incumplimiento del contrato;
- VI. Relación de las estimaciones o de gastos aprobados con anterioridad al inicio del procedimiento de rescisión, así como de aquellas pendientes de autorización;
- VII. Descripción pormenorizada del estado que guardan los trabajos;
- VIII. Periodo de ejecución de los trabajos, precisando la fecha de inicio y terminación contractual y el plazo durante el cual se ejecutaron los trabajos;
- IX. Relación pormenorizada de la situación legal, administrativa, técnica y económica en la que se encuentran los trabajos realizados, y los pendientes por ejecutar, y constancia de que el Instalador entregó toda la documentación necesaria para que la Propiedad pueda hacerse cargo y, en su caso, continuar con los trabajos.



La determinación de dar por rescindido administrativamente el contrato, no podrá ser revocada o modificada por la Propiedad.

Artículo 131.- La Propiedad podrá, junto con el Instalador, dentro del finiquito, conciliar los saldos derivados de la rescisión con el fin de preservar los intereses de las partes.

Artículo 132.- La Propiedad podrá hacer constar en el finiquito, la recepción de los trabajos que haya realizado el Instalador hasta la rescisión del contrato, así como de los equipos, materiales que se hubieran instalado en la obra o servicio o se encuentren en proceso de fabricación, siempre y cuando sean susceptibles de utilización dentro de los trabajos pendientes de realizar, debiendo en todo caso ajustarse a lo siguiente:

I. Sólo podrá reconocerse el pago de aquellos materiales y equipos que cumplan con las especificaciones particulares de construcción, normas de calidad y hasta por la cantidad requerida para la realización de los trabajos faltantes de ejecutar, de acuerdo con el programa de ejecución vigente, a la fecha de rescisión;

II. El reconocimiento de los materiales y equipos de instalación permanente se realizará invariablemente a los precios estipulados en los análisis de precios del contrato o, en su caso, a los precios de mercado; afectándose los primeros con los ajustes de costos que procedan; no se deberá considerar ningún cargo adicional por indirectos, financiamiento, fletes, almacenajes y seguros. Se entenderá por precio de mercado, el precio del fabricante o proveedor, en el momento en que se formalizó el pedido correspondiente, entre el Instalador y el proveedor;

III. Se deberán reconocer al Instalador los anticipos amortizados, así como los pagos que a cuenta de materiales y fabricación de equipos haya realizado el Instalador al fabricante o proveedor de los mismos, siempre y cuando éste se comprometa a entregarlos, previo el pago de la diferencia a su favor, y en el caso de que existan fabricantes o proveedores que tengan la posesión o propiedad de los equipos y materiales que la Propiedad necesite, ésta bajo su responsabilidad, podrá subrogarse en los derechos que tenga el Instalador, debiendo seguir los criterios señalados en las fracciones anteriores.

Artículo 133.- El sobrecosto es la diferencia entre el importe que le representaría a la Propiedad concluir con otro Instalador los trabajos pendientes, y el costo de la obra no ejecutada al momento de rescindir el contrato.

El sobrecosto que se determine al elaborar el finiquito, será independiente de las garantías, penas convencionales y demás cargos que deban considerarse en la rescisión administrativa.

Artículo 134.- Para la determinación del sobrecosto y su importe, la Propiedad procederá conforme a lo siguiente:



I. Cuando la Propiedad rescinda un contrato y exista una propuesta solvente susceptible de adjudicarse, el sobrecosto será la diferencia entre el precio de la siguiente propuesta más baja y el importe de la obra no ejecutada conforme al programa vigente, aplicando los ajustes de costos que procedan, y cuando una propuesta no sea susceptible de adjudicarse, la determinación del sobrecosto deberá reflejar el impacto inflacionario en el costo de la obra no ejecutada conforme al programa vigente, hasta el momento en que se notifique la rescisión, calculado conforme al procedimiento de ajustes de costos pactado en el contrato, debiendo agregarse un importe equivalente al diez por ciento de los trabajos faltantes por ejecutar.

4.3.6. Pago de la obra

Para realizar el pago del coste de la obra se realizarán certificaciones mensuales. Para ello se medirán mensualmente sobre las partes realmente ejecutadas del proyecto las unidades de obra. La medición de la obra realizada en un mes se llevará a cabo en los ocho primeros días siguientes a la fecha de cierre de certificaciones, estableciendo el periodo de un mes a partir de la fecha de comienzo de la obra.

Las mediciones y valoraciones efectuadas serán utilizadas para la redacción de las certificaciones mensuales, y éstas son la base para calcular el precio que debe pagar la Propiedad al Instalador. La redacción de las certificaciones corresponde a la Propiedad.

Las certificaciones y los pagos no implican la recepción de las obras ni tienen carácter definitivo, pudiendo ser modificadas en certificaciones posteriores o definitivamente en el pago final.

El Instalador puede no estar conforme con alguna certificación, y para su modificación deberá exponer por escrito y en un tiempo máximo de diez días a partir de la fecha de entrega de la certificación por parte de la Propiedad los motivos de su reclamación y el coste de la misma. Entonces la Propiedad verá si considera o no dicha reclamación y en cualquier caso, el retraso en el pago por ésta no se considerará como demora y por lo tanto no podrá ser utilizada para incrementar el precio de la certificación. Una vez pasado el plazo de diez días o si no se pudiera realizar la medición de las unidades de obra tal y como se realizó en su momento por el avance de las obras se considerará la validez de la certificación y por lo tanto no se admitirá ningún tipo de reclamación.

Los precios de unidades de obra, así como los de los materiales, maquinaria y mano de obra que no figuren entre los contratados, se fijarán entre el Director de Obra y el Instalador. Estos precios deberán ser presentados por el Instalador debidamente especificados.



Los precios deberán ser presentados por el Contratista debidamente especificados, y la negociación de ellos será independiente de la ejecución de la unidad de obra, por lo que deberá realizar dicha obra una vez recibida la orden. Mientras no haya acuerdo o entendimiento entre las partes se certificará la base de los precios establecidos por la Propiedad. Cuando haya acuerdo, el precio podrá certificarse a cuenta de acopios de materiales en la cantidad que la Dirección de Obra estime oportuno. En la liquidación final no podrán darse pagos por excesos de materiales, ya que estos correrán siempre a costa del Instalador.

Las certificaciones por revisión irán separadas de las mensuales y el abono de dichas certificaciones no presupone la aceptación de los materiales en cuanto a su calidad, ya que la comprobación se realizará en el momento de puesta en obra. Del importe de certificaciones será descontado el porcentaje previamente fijado para el fondo de garantía.

Las certificaciones serán abonadas en el plazo de 120 días siguientes desde la fecha en que quede firmada cada una de las certificaciones, y el abono será por transferencia bancaria. Si no se cumplen los plazos de pago, el Instalador mediante una solicitud de demora podrá solicitar intereses por retraso, que serán proporcionales a la tardanza. El tipo de interés por el retraso quedará impuesto por el Banco de España como tipo de descuento comercial para dicho periodo.



4.4. CONDICIONES TÉCNICAS

4.4.1. Calidad de los materiales

4.4.1.1. Todo en general

Los materiales que intervengan en la instalación serán nuevos, de reciente fabricación y no habrán sido utilizados en ensayos o en otras instalaciones.

Los materiales a suministrar por la Empresa Instaladora serán los reseñados en el presupuesto y en los planos, en todo cuanto concierne a la parte mecánica, no siendo de su incumbencia el suministro de los materiales de obra civil, que correrán por cargo de la Propiedad.

Los materiales se deberán utilizar e instalar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante correspondiente, siempre que no haya contradicciones con los documentos del proyecto.

4.4.1.2 Los materiales eléctricos

4.4.1.2.1 Código de identificación de los conductores

El color de su aislamiento es la base del código que diferencia a unos conductores de otros:

- Azul claro: conductor de neutro.
- Amarillo-Verde: conductor de tierra y protección.
- Marrón, negro y gris: conductores activos.

Todos los cables que pertenezcan a un circuito deberán ir rotulados con su identificación sobre el propio cable.

4.4.1.2.2 Conductores activos

Los cables utilizados para la instalación eléctrica deberán ser de cobre y la proporción mínima en cobre electrolítico será del 99%.

Las conexiones se efectuarán, siempre que sea posible, mediante terminales de presión, y únicamente se retirará la envoltura (del cable) indispensable para realizar la unión, es decir, sin que el cable pelado sobresalga del borne.



Las derivaciones se realizarán siempre con bornes o en cajas especializadas, jamás se harán empalmes de torsión con cubrimiento de cinta.

Para la selección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios, es decir, escogeremos el que nos dé una mayor sección:

- **Intensidad máxima admisible.** Como intensidad se tomará la propia de cada carga. Partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se elegirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-19 o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayoración de la carga, se deberán tener presentes la ITC-REBT-44 para receptores de alumbrado y la ITC-REBT-47 para receptores de motor.

- **Caída de tensión en servicio.** La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 3% de la tensión nominal para alumbrado, y menor del 5% para los demás usos, considerando alimentados todos los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente. Para la derivación individual la caída de tensión máxima admisible será del 1.5%. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de la derivación individual, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas.

Deberá tenerse en cuenta la caída de tensión en todo el sistema durante el arranque de motores, no debiendo provocar esto condiciones que impidan el arranque de los mismos, desconexión de contactores, parpadeo de alumbrado,...

La sección del conductor de neutro será la especificada en la ITC-REBT-07, que se establece en función de la sección de los conductores de fase de la instalación.

4.4.1.2.3 Conductores de protección

Estos conductores sirven para unir eléctricamente las masas de la instalación y la conexión de estas al conductor de tierra con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

La sección de los conductores de protección será la indicada en la tabla 19.1 de la ITC-REBT 19. Si la indicación conduce a valores no normalizados, se utilizará la



sección superior más cercana. Esta sección puede ser utilizada siempre y cuando el conductor de protección esté realizado del mismo material que los conductores activos.

Cuando el conductor de protección este fuera de la canalización de alimentación la sección de dichos conductores será de 2.5 mm^2 (si disponen de protección mecánica) ó de 4 mm^2 (si no disponen de protección mecánica).

4.4.1.2.4. Tubos protectores

Los tubos protectores serán distintos si van empotrados o por falso techo que serán de PVC no propagadores de llamas normales o si van por montaje superficial, que serán rígidos blindados estancos de PVC.

El diámetro de los tubos deberemos sacarlo a partir de las diferentes tablas de la ITC-REBT 21.

4.4.1.2.5. Interruptores, conmutadores y tomas de corriente

Los interruptores y conmutadores cortarán la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia. Serán de material aislante y permitirán como mínimo un total de 10000 maniobras de apertura y cierre con su carga nominal. Además tendrán el espacio suficiente para que ninguna de sus piezas supere los 65°C de temperatura. Deberán llevar marcada la tensión y la corriente nominal.

Las tomas de corriente serán de material aislante, llevarán marcadas su intensidad y tensión nominal y dispondrán de puesta a tierra.

Todos ellos irán instalados en el interior de cajas empotradas en las paredes, de forma que al exterior sólo podrá aparecer el mando totalmente aislado. En caso de que existan más de una toma colindante deberán alojarse en la misma caja, la cual deberá estar suficientemente dimensionada para que no se produzcan contactos.

4.4.1.2.6 Cajas de empalmes y derivaciones

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. La profundidad mínima será de 40 mm y su diámetro o lado interior mínimo de 60 mm. Si se desea que estas cajas sean estancas, se utilizara para empalmar los cables



prensaestopas o recubrimiento de cola especial. La tapa de las cajas irá atornillada por lo menos en dos puntos.

Las dimensiones mínimas de caja a utilizar serán de 100 x 100 mm. Las cajas que se instalen superficialmente deberán estar unidas en dos puntos como mínimo. Los agujeros de las paredes de la caja para la entrada de los tubos serán ajustados al diámetro de ellos.

4.4.1.2.7. Aparatos de protección

Los interruptores magnetotérmicos serán de accionamiento manual y podrán cortar la corriente máxima del circuito en el que se coloquen sin sufrir ningún tipo de daño por temperatura. Solo tendrán 2 posiciones, y no permitirán la formación de arcos eléctricos permanentes.

Los interruptores serán de corte omnipolar y cuando los magnetotérmicos o los diferenciales no aguanten las corrientes de cortocircuito irán protegidos con fusibles calibrados, que serán distintos dependiendo del circuito que protejan.

4.4.1.2.8. Cuadros de protección y maniobra

Los cuadros serán metálicos contruidos con chapa de acero y del color que la Dirección Técnica decida. Los paneles estarán elevados respecto al suelo, y si se encuentran en talleres, por seguridad, se encontrarán como mínimo a 60 cm.

Los cuadros estarán debidamente puestos a tierra mediante cobre electrolítico y los cables que entren y salgan de él deberán hacerlo por debajo, salvo contraindicación de la Dirección Técnica.

El cierre de la puerta podrá ser con cerradura o a presión, pero se suele utilizar este segundo método a no ser que se especifique lo contrario.

El conexionado entre los dispositivos de protección situados en los cuadros se ejecutará ordenadamente, disponiendo de regletas de conexionado para los conductores activos y para el conductor de protección.



4.4.1.2.9. Alumbrado

Las lámparas y tubos de descarga deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Deberán quedar fuera del alcance de la mano tanto las lámparas como las conexiones.
- Los interruptores destinados a estas lámparas estarán previstos para cargas inductivas o en su defecto, tendrán una capacidad de corte no inferior a dos veces la intensidad del receptor o receptores.
- Los circuitos de alimentación a lámparas o tubos de descarga estarán previstos para transportar las cargas previstas para los receptores, a los elementos asociados y a sus correspondientes armónicos. La carga mínima prevista será 1.8 la potencia de los receptores.
- Todas las partes bajo tensión, excepto las partes destinadas a iluminar, estarán protegidas con elementos aislantes o metálicos puestos a tierra.

4.4.1.2.10 Alumbrados especiales

Las instalaciones destinadas a alumbrado de emergencia tienen por objeto asegurar, en caso de fallo de la alimentación del alumbrado normal, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas para una eventual evacuación del público o iluminar otros puntos que se señalen.

La alimentación del alumbrado de emergencia será automática en el momento que se produzca un corte breve.

Alumbrado de seguridad

Es el alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.

El alumbrado de seguridad estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente cuando se produce el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal.

La instalación de este alumbrado será fija y estará provista de fuentes propias de energía. Sólo se podrá utilizar el suministro exterior para proceder a su carga, cuando la



fuelle propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos.

Alumbrado de evacuación

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación cuando los locales estén o puedan estar ocupados.

En rutas de evacuación, el alumbrado de evacuación debe proporcionar, a nivel del suelo y en el eje de los pasos principales, una iluminancia horizontal mínima de 1 lux.

El alumbrado de evacuación deberá poder funcionar cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

Alumbrado ambiente

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para evitar todo riesgo de pánico y proporcionar una iluminación ambiente adecuada que permita a los ocupantes identificar y acceder a las rutas de evacuación e identificar obstáculos.

El alumbrado ambiente debe proporcionar una iluminancia horizontal mínima de 0.5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta una altura de 1 metro.

El alumbrado ambiente deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminación prevista

4.4.2. Normas de ejecución

4.4.2.1. En general

Se realizará la instalación de forma que permita la fácil introducción y retirada de los conductores, tanto en las bandejas como en los tubos, siempre, que estos estén colocados previamente.

No se permitirán más de tres conductores en los bornes por cada extremo de conexión.



Es preferible la utilización de interruptores omnipolares, pero en el caso de utilizarse unipolares, este deberá seccionar el conductor activo.

No se utilizará un mismo conductor de neutro para varios circuitos. Cualquier conductor, activo o no, podrá seccionarse en cualquier punto de la instalación.

Las tomas de corriente de una habitación deben estar conectadas a una misma fase, y si esto no fuera así, las tomas con distintas fases deberían estar separadas al menos 1.5 metros. Todas las tomas deberán tener un contacto de toma a tierra, ya que es obligatorio que los aparatos de uso en la actividad lleven enchufes con dispositivos de toma a tierra.

Todos los interruptores o pulsadores de maniobra deberán ser de material aislante.

Los circuitos eléctricos deberán ir protegidos contra sobreintensidades (interruptores automáticos) o cortocircuito (fusibles), que irán dispuestos sobre el conductor activo.

Deberá disponerse de un punto de puesta a tierra accesible y señalizado para poder medir la resistencia de tierra.

4.4.2.2. Instalación eléctrica

4.4.2.2.1. Canalizaciones con tubos protecciones en montaje interior.

Para las canalizaciones bajo tubos protectores se tendrán en cuenta las siguientes preinscripciones:

- Las canalizaciones se harán siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las paredes que limitan el local donde se realiza la instalación
- Los tubos deberán unirse entre sí mediante los accesorios adecuados para que se asegure la continuidad de la protección que dan a los conductores. Si los tubos deberían ser estancos, los empalmes se podrán recubrir con cola.
- Las curvas en los tubos no reducirán la sección mínima que especifica el fabricante.
- Deberá ser fácil la introducción de los conductores después de estar montados los tubos, por lo que se disponen de registros a 15 metros como máximo si son



tramos rectos, y pudiendo haber 3 curvas como máximo entre registros. Dichos registros pueden servir además como cajas de derivación o empalme, siempre que las conexiones se realicen con los bornes de conexión adecuados.

- Si se colocan tubos metálicos deberá tenerse en cuenta los fenómenos de condensación que se pueden dar en ellos, asegurando la evacuación del agua que se cree y su ventilación adecuada. Además se deberá tener en cuenta que los bordes no tengan rebabas que puedan dañar los conductores. Los conductores metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra, con una distancia máxima entre puestas a tierra de diez metros, y jamás se podrá utilizar los tubos como conductor de protección o neutro.
- Para evitar los efectos del frío y el calor por instalaciones colindantes se protegerán las canalizaciones con pantallas de protección de calor, con distancia suficiente entre las distintas instalaciones o con materiales aislantes adecuados.

4.4.2.2.2. Canalizaciones con tubos protectores en montaje superficial.

Cuando las canalizaciones se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta también las siguientes preinscripciones:

- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose y usando las bridas o abrazaderas necesarias, siempre que estas estén protegidas contra corrosión y sólidamente sujetas.
- La altura de los tubos deberá ser superior a los 2.50 metros, siempre que sea posible, para evitar daños mecánicos.

4.4.2.2.3. Conductores en bandeja

Sólo se utilizan conductores aislados con cubierta, unipolares o multipolares. La anchura de las bandejas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible por la bandeja en función de la anchura y de la distancia entre soportes. Todos los accesorios como codos, cambios de plano, reducciones, tes, uniones, soportes,... tendrán la misma calidad y características que la bandeja.

Las bandejas y sus accesorios se sujetarán a techos y paredes mediante herrajes, a distancias tales que no se produzcan flechas superiores a 10 mm y deberán estar perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales.



No se permitirá la unión entre bandejas o la fijación de las mismas a los soportes mediante soldadura, debiéndose utilizar piezas de unión y tornillería. Para las uniones o derivaciones de líneas se utilizarán cajas metálicas que se fijarán a las bandejas.

4.4.2.2.4. Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por lo tanto, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, ... a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

4.4.2.2.5. Acceso a las instalaciones.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, cambios, ...

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismo, interruptores, bases, reguladores, ... instalados en los locales húmedos o mojados serán de material aislante.



4.4.2.2.6. Alumbrado

La masa de las luminarias suspendidas de cables flexibles no deben exceder de 5 Kg. Los conductores que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección.

El uso de lámparas de gases con descargas a Alta Tensión, como por ejemplo las de neón, se permitirá cuando su ubicación esté fuera del local o cuando se instalen envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque.

Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1.8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor de neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0.9.

4.4.2.2.7. Motores

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125% de la intensidad a



plena carga del motor de mayor potencia más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección para ambas conexiones.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor como consecuencia del restablecimiento de la tensión pueda provocar accidentes o perjudicar al motor.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieron producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

En general, los motores de potencia superior a 0.75 KW deben estar previstos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el periodo de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

De 0,75 KW a 1,5 KW	4,5
De 1,5 KW a 5 KW	3
De 5 KW a 15 KW	2
Más de 15 KW	1,5

4.4.2.2.8. Puesta a tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con el fin de limitar la tensión que con respecto a tierra puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurando la actuación de las protecciones y disminuyendo el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa de una parte del circuito o de una parte conductora mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de ellos.



Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencia externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

4.4.2.2.9. Uniones a tierra

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por: barras, tubos, pletinas, conductores desnudos (de cobre), placas, anillos o mallas metálicas, armaduras de hormigón enterradas (excepto las pretensadas) u otras estructuras que se demuestre que son apropiadas.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0.5 m.

La sección de los conductores de tierra cuando están enterrados debe estar acorde con la tabla 2 de la ITC-REBT-18.



4.4.3. Centro de Transformación

4.4.3.1. Obra civil

Los Centros estarán constituidos enteramente con material no combustible, y los elementos delimitadores del Centro (muros exteriores, cubierta, puertas,...) deberán tener una resistencia al fuego de acuerdo con la norma NBE CPI-96.

Los muros del Centro deberán tener entre sus parámetros una resistencia mínima de 1000000Ω. La medición de esta resistencia se realizará aplicando una tensión de 500 V entre dos placas de 100 cm² cada una.

El Centro de Transformación tendrá un aislamiento acústico de forma que no transmita niveles sonoros superiores a 30 dB durante la noche y de 55 dB durante el día.

Ninguna de las aberturas del centro (rejillas) permitirá el paso de un objeto de 12 mm de diámetro, y las rejillas que den a partes con tensión no dejarán pasar objetos de más de 2.5 mm de diámetro.

4.4.3.2. Aparamenta de Alta Tensión

La Aparamenta de Alta Tensión estará constituida por conjuntos compactos que se encontrarán bajo envolventes metálicas, y estarán diseñados para una tensión admisible de 36 KV.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra será un único aparato que tenga tres posiciones (abierto, cerrado y puesto a tierra), con el fin de imposibilitar el cierre simultáneo del interruptor y del seccionador de puesta a tierra. Dicho elemento deberá ser capaz de soportar la intensidad nominal que vaya a circular por él y de soportar más de 100 maniobras de apertura y cierre.

4.4.3.3. Características constructivas

Los conjuntos compactos deberán tener una envolvente única con dieléctrico de hexafluoruro de azufre (SF₆). Toda la Aparamenta estará agrupada en el interior de una cuba metálica estanca rellena de hexafluoruro de azufre. En la cuba habrá una sobrepresión de 0.3 bar sobre la presión atmosférica. Se deberá encontrar sellada de tal forma que garantice que al menos durante 30 años no sea necesaria la reposición de gas. La cuba cumplirá la norma CEI 56. En la parte posterior se dispondrá de un sistema que asegure la evacuación de las eventuales sobrepresiones que puedan producirse sin daño ni para el operario ni para las instalaciones.



La seguridad de explotación será completada por los dispositivos de enclavamiento por candados existentes en cada uno de los ejes de accionamiento. Los cables se conectarán desde la parte frontal de las cabinas y los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura cómoda.

El interruptor-seccionador tendrá un esquema del circuito principal donde se vea su eje de accionamiento. También se añadirá a este esquema la posición en la que se encuentre el interruptor-seccionador.

4.4.3.3.1. Compartimento de aparillaje

Estará relleno de SF₆ y sellado de por vida. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación. La presión relativa de llenado será de 0.3 bar.

Toda sobrepresión accidental originada en el interior del compartimento estará limitada por la apertura de la parte posterior del cárter. Los gases serán canalizados hacia la parte posterior de la cabina sin ninguna manifestación o proyección a la parte frontal. Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador. El seccionador de puesta a tierra dentro del SF₆, deberá tener un poder de cierre en cortocircuito de 40 KA. El interruptor realizará las funciones de corte y seccionamiento.

4.4.3.3.2. Comportamiento de juego de barras

Se compondrá de tres barras aisladas de cobre conexionadas mediante tornillos de cabeza Allen de métrica 8.

4.4.3.3.3. Comportamiento de conexión de cables

Se podrán conectar cables ecos y cables con aislamiento de papel impregnado. Las extremidades de los cables serán simplificadas para cables secos o termorretráctiles para cables de papel impregnado.



4.4.3.3.4. Comportamiento de mando

Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra los siguientes accesorios si se requieren posteriormente:

- Motorizaciones
- Bobinas de cierre y/o apertura
- Contactos auxiliares

Este compartimento deberá ser accesible en tensión, pudiéndose motorizar, añadir accesorios o cambiar mandos manteniendo la tensión en el Centro.

4.4.3.3.5. Comportamiento de control

Si se trata de mandos motorizados, el compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión tanto en barras como en los cables.

4.4.3.3.6. Fusibles

En la protección ruptofusible se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en el capítulo de Cálculos de este proyecto. Se instalarán en tres compartimentos individuales estancos, cuya apertura estará enclavada con el seccionador de puesta a tierra, el cuál pondrá a tierra ambos extremos de los fusibles.

4.4.3.4. Transformador

El transformador a instalar será trifásico con neutro accesible en Baja Tensión, refrigeración natural en baño de aceite, con regulación de tensión primaria mediante conmutador accionable estando el transformador desconectado, servicio continuo y demás características detalladas en la memoria. La colocación del transformador se realizará de forma que éste quede correctamente instalado sobre vigas de apoyo.

4.4.3.4.1. Normas de ejecución de las instalaciones

Todas las normas de construcción e instalación del Centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas. Además del cumplimiento de lo



expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de la propia compañía eléctrica.

Deberá tenerse cuidado con los materiales, de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo quitar y reemplazar todos los que hubieran sufrido algún desperfecto.

4.4.3.4.2. Pruebas reglamentarias

La Aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada. Asimismo, una vez ejecutada la instalación, se procederá, por parte de una entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores: resistencia de aislamiento de la instalación y del sistema de puesta a tierra y la tensión de paso y de contacto.

4.4.3.5. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

4.4.3.5.1. Prevenciones generales

- Queda prohibida la entrada en el Centro a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.
- Se instalarán en sitios visibles y en su entrada placas con el símbolo de “Peligro de muerte”.
- No está permitido tener en el interior del local nada más excepto lo destinado al servicio del Centro (banqueta, guantes,...).
- No está permitido fumar ni encender ningún tipo de combustible en el local, y en caso de incendio no se utilizará agua.
- No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión sin encontrarse sobre la banqueta, aunque se esté aislado.
- En un sitio visible, en el interior del Centro, deberá estar el presente reglamento y el esquema de todas las conexiones de la instalación.



4.4.3.5.2. Puesta en servicio

Se conectarán primero los seccionadores de Alta Tensión, y a continuación el interruptor de Alta Tensión, dejando de esta forma el transformador en vacío. Seguido se conectará el interruptor general de Baja Tensión, y por último a la maniobra de la red de Baja Tensión.

Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o se fundiera un fusible, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la instalación y si se observase alguna irregularidad, se notificará en ese instante a la empresa suministradora (Iberdrola).

4.4.3.5.3. Separación de servicio

Se procederá en orden inverso al del párrafo uno del apartado anterior.

Si el interruptor fuera automático, sus relés deben regularse por disparo instantáneo con sobrecarga proporcional a la potencia del transformador, según la clase de la instalación.

Con el propósito de asegurar un buen contacto en las mordazas de los fusibles y cuchillas de los interruptores así como en las bornas de fijación de las líneas de Alta y Baja tensión, la limpieza se efectuará con la debida asiduidad. Si se tuviera que intervenir en la parte de la línea comprendida entre la celda de entrada y el seccionador aéreo exterior, se avisará por escrito a la compañía suministradora de la electricidad para que corte la corriente en la línea alimentadora. Los trabajos no podrán comenzar sin la conformidad de la compañía, que no restablecerá el servicio hasta recibir, con las debidas garantías, notificación de que la línea de Alta se encuentra en perfectas condiciones, para garantizar la seguridad de personas e instrumentos.

La limpieza se hará sobre banqueta y con trapos perfectamente secos. El aislamiento necesario para garantizar la seguridad personal sólo se consigue teniendo la banqueta en perfectas condiciones y sin apoyar en otros objetos que estén puestos a tierra.



4.4.3.5.4. Prevenciones especiales

No se modificarán los fusibles y al cambiarlos se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.

No debe de sobrepasar los 60 °C la temperatura del líquido refrigerante en los aparatos que lo tuvieran, y cuando se precise cambiarlo, se empleará de la misma calidad y características.

Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra, y se vigilará el buen estado de los aparatos, poniendo en conocimiento de la compañía suministradora cualquier anomalía en el funcionamiento del Centro para su corrección.



4.5. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

El usuario de las instalaciones, a fin de disponer de plenas garantías de seguridad en el uso de las mismas, deberá conectar los receptores en las condiciones de seguridad a la que está preparada la instalación:

- Las máquinas portátiles y otros aparatos que deban conectar deberán disponer de clavijas adecuadas para la conexión de dicha maquinaria tanto a los conductores de fase y neutro como al de protección o tierra.
- No sustituir ninguna lámpara ni realizar operación alguna en los receptores sin haberse antes cerciorado de que no hay posibilidad de existencia de corriente en el punto de manipulación, para lo cual lo más seguro será desconectar el interruptor Magnetotérmico del circuito al que pertenece dicho punto o desconectar el interruptor general.



4.6. CERTIFICADO Y DOCUMENTACIÓN QUE DEBE DISPONER EL TITULAR

A efectos de legalizar las instalaciones, se deberá disponer de la siguiente documentación:

- Empresa Promotora
 - Nombre de la empresa
 - CIF y domicilio fiscal
 - Nombre, apellidos y DNI del representante legal
- Instalador autorizado
 - Nombre de la empresa instaladora
 - Número de Carnet de Instalador Autorizado
 - Categoría y especialidad del Instalador
 - Domicilio fiscal
 - Certificados de Instalación Eléctrica en Baja Tensión
- Director de la Instalación Eléctrica:
 - Certificado de final de obra

Pamplona, a 30 abril del 2014

EL INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL

JAVIER AGUIRRE MUNIAIN



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACION ELÉCTRICA EN BAJA TENSION CON
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UN TRUJAL DE
ACEITE

PRESUPUESTO

Javier Aguirre Muniain

José Javier Crespo

Pamplona, 30/04/2014



5.1. MEDICIÓN DE CABLES	2
5.2. MEDICIÓN DE TUBOS	3
5.3 MEDICION DE MAGNETOTERMICOS,INTERRUPTORES ATOMATICOSY FUSIBLESU	3
5.4. MEDICION DE PROTECCIONES LINEA GENERAL ALIMENTACION Y DERIVACION INDIVIDUAL	4
5.5. MEDICIÓN DE DIFERENCIALES	4
5.6. MEDICIÓN DE CANALIZACIONES	5
5.7. CAPÍTULO VII: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA	5
5.7.1. Batería de condensadores	5
5.8. CAPÍTULO VIII: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	6
5.8.1. Obra civil	6
5.8.2. Caseta del centro	6
5.8.3. Transformador	6
5.8.4. Aparamenta de media tensión	7
5.8.5. Equipo de baja tensión	7
5.8.6. Puesta a tierra del C.T.	8
5.9. CAPÍTULO IX: EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD	9
5.9.1. Equipo de seguridad y salud	9
5.10. CAPÍTULO V: EQUIPOS DE ALUMBRADO	11
5.10.1. Alumbrado interior	11
5.10.2. Alumbrado exterior	12
5.10.3. Alumbrado de emergencia	12
5.11. CAPÍTULO VI: ELEMENTOS VARIOS	13
5.11.1. Interruptores, conmutadores, tomas de corriente...	13
5.12 RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN	14



5.1 MEDICIÓN DE CABLES

Partida	Descripción	Total(m)	Pu(€)	Ptotal(€)
1	1.5 mm ² Cu TT	297	3€	891€
2	2.5 mm ² Cu VV-K	8466,8	4€	33867,2€
3	2.5 mm ² Cu TT	2236,4	4€	8945,6
4	4 mm ² Cu VV-K	241,2	6€	1447,2
5	4 mm ² Cu TT	60	6,5€	390€
6	6 mm ² Cu VV-K	1213,6	7€	8495,€
7	6 mm ² Cu TT	301	7,5€	2257,5€
8	10 mm ² Cu VV-K	1,2	2.€	2,4€
9	16 mm ² Cu VV-K	1508	13€	19604
10	16 mm ² Cu TT	447	13,5€	6034,€
11	25 mm ² Cu VV-K	280	14€	2912€
12	35 mm ² Cu TT	65	15€	975€
13	50 mm ² Cu RZ1-K(AS)	140	20€	280€
14	50 mm ² Cu TT	265	16€	424€
15	70 mm ² Cu VV-K	260	21€	5460€
16	95 mm ² Cu VV-K	500	25€	12500
17	95 mm ² Cu RZ1-K(AS)	420	25,5€	10710€
SUBTOTAL				121.531,6€

**5.2 MEDICION DE TUBOS**

Partida	Diámetro(mm)	Total metros	Pu(€)	Ptotal(€)
1	20	2533.7	0.5	1266,85
2	25	235	0.7	164,5
3	40	377	1.5	565,5
4	50	196	1.7	333,2
5	75	125	2	250
6	125	22	3	66
SUBTOTAL				2646,05€

5.3 MEDICION DE MAGNETOTERMICOS, INTERRUPTORES AUTOMATICOS Y FUSIBLES.

Partida	Descripción	Cantidad	Pu(€)	Ptotal(€)
1	Mag/Tetr. 10A	32	150	4800
2	Mag/Bip.16A	24	100	2400
3	Mag/Tetr.106A	16	180	2880
4	Mag/Tetr.20A	1	195	195
6	Mag/Tetr. 32A	17	210	3570
7	Mag/Tetr. 50A	2	230	460
8	I.Aut/Tetr. 100A	1	300	300
9	I.Aut/Tetr. 160A	2	850	1700
10	I.Aut/Tetr. 250A	2	1000	2000
SUBTOTAL				18.305€



5.4 MEDICION DE PROTECCIONES LINEA GENERAL ALIMENTACION Y DERIVACION INDIVIDUAL.

Partida	Descripción(A)	Cantidad	Pu(€)	Ptotal(€)
1	I.Aut/Tetr.630 ^a	1	4000	4000
SUBTOTAL				4000€

5.5 MEDICION DE DIFERENCIALES.

Partida	Descripción,Intens(A),Sensibilidad(mA)	Cantidad	Pu(Euros)	Ptotal(€)
1	Diferen./Tetr.AC-25A-30Ma	5	322.1	1610.5
2	Diferen./Tetr.AC-25A300mA	1	264.2	264.2
3	Diferen./Tetr.AC-40A-30mA	24	338.5	8124
4	Diferen./Tetr.AC-40A-300mA	1	275.4	275.4
5	Diferen./Tetr.AC-63A-30mA	2	521.6	1043.2
6	Relé y Transf.AC-100A-300mA	1	823.4	823.4
7	Relé y Transf.AC-160A-300mA	1	1136.5	1136.5
8	Relé y Transf.AC-250A-300mA	2	2241.7	4483.4
SUBTOTAL				17.760.6



5.6 MEDICIÓN DE CANALIZACIONES

Partida	Descripción	Cantidad	P. unitario (€)	P.total (€)
1	Bandeja perforada Pemsaband LX Dimensiones: 200x35 mm	100	14,40	1040,00
2	Tapa bandeja perforada de dimensiones 200x35 mm	100	9,64	964,00
3	Soporte bandeja (cada 3 m): Pensa Modelo: Omega Plus	33	6,77	223,41
4	Mano de obra. Incluido elementos necesarios para su montaje.	9	24,00	216,00
SUBTOTAL				2443.41€

5.7. CAPÍTULO VII: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

5.7.1. Batería de condensadores

Partida	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
1	Batería de condensadores de 30 KVAR (1:2:4) serie Varset STD marca Schneider	1	1422,00	1422,00
2	Mano de obra. Incluido elementos necesarios para su montaje.	2	24,00	48,00
SUBTOTAL				1470,00€



5.8 CAPÍTULO VIII: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

5.8.1. Obra civil

Partida	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
1	Preparación y acondicionamiento del terreno para la instalación del edificio prefabricado PFU-4 de Ormazabal. Dimensiones de la excavación: 5260 mm de longitud, 3180 mm de anchura y 560 mm de profundidad.	1	850,00	850,00
SUBTOTAL				850,00€

5.8.2. Caseta del centro

Partida	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
1	Caseta prefabricada modelo PFU-4 de la marca Ormazábal, con paneles que forman la envolvente, armaduras de hormigón unidas entre sí y al colector de tierras. Se incluye en el precio en transporte y el montaje.	1	8300,00	8300,00
SUBTOTAL				8300,00€

5.8.3. Transformador

Partida	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
1	Transformador trifásico de 250 KVA de la marca Ormazábal, de tensión 13,2/0,4 KV, grupo de conexión Dyn11, tensión de cortocircuito 4% y refrigeración natural de aceite.	1	8345,00	8345,00
SUBTOTAL				8345,00€



5.8.4. Aparamenta de media tensión

Partida	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
1	CELDA DE LÍNEA CGMCOSMOS-L de la marca Ormazábal, Vn=24 KV, In=400 A	1	2762,50	2762,50
2	CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES: Celda CGMCOSMOS-P de la marca Ormazábal, Vn=24 KV, In=400 A	1	5312,50	5312,50
3	CELDA DE MEDIDA: Celda CGMCOSMOS-M de la marca Ormazabal, Vn=24 KV, In=400 A	1	6150,00	6150,00
			SUBTOTAL	14225.00

5.8.5. Equipo de baja tensión

Partida	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
1	Armario metálico de distribución. Marca: Schneider. Modelo: Prisma Plus,	2	246.46	492.92
2	Interruptor automático Schneider NSX400N Poder de corte: 10 KA, Curva C, III+N Calibre: 400 A + Bloque Vigí	1	3713.53	3713.53
3	Interruptor diferencial Schneider 4P Calibre: 25 A, Sensibilidad: 30 mA	1	276.79	276.79
4	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 25 KA, Curva C, III+N Calibre: 10 A	1	281.33	281.33



.5	Philips TMW405 1xTL-D36W MB TRA	2	85.00	170.00
6	Schneider Primalum OVA37037E de 65 lm	1	31.45	31.45
7	Interruptor, 10 A, 230/240 V, Marca: Simon, Serie:82	1	6.48	6.48
8	Toma de corriente monofásica de 16 A, (2P+T), 230 V, con caja de empotrar. Marca: Simon, Serie: 27	1	9.27	9.27
9	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 2x1,5+1,5TT mm ² Cobre	5	2.50	12.50
10	Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable 2x2,5+2,5TT mm ² Cobre	2	3.68	7.36
11	Tubo corrugado de doble capa de PVC de color negro, Φ 16 mm.	7	0.45	3.15
12	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	8	24.00	192.00
			SUBTOTAL	5196.78

5.8.6. Puesta a tierra del C.T.

Partida	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
1	Tierra de protección del centro de transformación formada por un anillo de 5x3 m con un conductor de cobre desnudo de 50 mm ² de sección enterrado a 0,8 m de profundidad y 8 picas de acero recubierto de cobre de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro. Incluido en el precio la línea de tierra interior	1	1345.00	1345.00



	formada por un conductor de cobre desnudo de 50 mm ² , las arquetas de registro, la caja de seccionamiento, la soldadura aluminotérmica y otros elementos para realizar las conexiones. Totalmente instalada y conexionada.			
2	Tierra de servicio formada por una hilera de 9 m de conductor de cobre desnudo de 50 mm ² que une 4 picas de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro enterradas a 0,8 m de profundidad y separadas entre sí 3 m. Se une al centro de transformación mediante un conductor de cobre de 50 mm ² RV-K 0,6/1 KV. Se incluye en el precio la caja de seccionamiento, las arquetas de registro y los elementos de conexión. Totalmente instalada y conexionada.	1	760.00	760.00
3	Puesta a tierra interior del centro de transformación formada por un conjunto de conductores de cobre de 50 mm ² que conexionan todas las partes metálicas (celdas, transformador, herrajes, etc.)	1	395.00	395.00
			SUBTOTAL	2500.00

5.9. CAPÍTULO IX: EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD

5.9.1. Equipo de seguridad y salud

Partida	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
1	Gafas incoloras protectoras contra impactos	5	3.97	19.85
2	Gafas de protección antipolvo	5	3.33	16.65
3	Par de tapones auditivos desechables	30	0.11	3.54



4	Protectores auditivos de silicona reutilizables con arnés en la nuca	10	1.59	15.90
5	Casco de seguridad dieléctrico con pantalla para la protección de descargas eléctricas	5	18.87	94.35
6	Mascarillas desechables	10	0.51	5.10
7	Par de guantes de uso general	5	4.18	20.90
8	Zapato de seguridad con puntera metálica y plantilla antiperforación	5	41.21	206.05
9	Faja protección lumbar	5	19.93	99.65
10	Par de rodilleras ajustables	5	10.11	50.55
11	Arnés con chaleco	2	100.80	201.60
12	Buzo de poliéster-algodón	5	32.00	160.00
13	Chaleco de trabajo multiblosillos de poliéster-algodón	5	15.77	78.85
14	Cinturón portaherramientas para electricista	4	21.37	85.48
15	Banqueta aislante hasta 45000V	2	58.71	117.43
16	Extintor de 6 Kg polvo químico ABC. Funcionamiento manual	2	34.28	68.56
17	Cartel de plástico "peligro de riesgo eléctrico" 45*30 cm	5	4.84	24.20
18	Lámpara portátil de mano de leds con estructura de goma y gancho giratorio	2	33.88	67.76
			SUBTOTAL	1336.41



5.10. CAPÍTULO V: EQUIPOS DE ALUMBRADO

5.10.1. Alumbrado interior

Partida	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
1	Philips 919264781255 MDK630 1xHPI-T 400W HPI PRO-PACK	37	120.00	4440.00
2	Philips 910016500414 TBS165 4XTL5-18W/830 HFS C6 PI SC PUR TL5 4 G5	40	75.00	3000
3	Philips 910012457892 TCS060 2xTL-D 38W EB TL-D 38W 2 G13 6200 220- 240 2x38 2500 Si EB-C 236	1	120	120
4	Philips BBG530 Stylid Compact empotrada, redonda fija 2 x SLED1200 30 Aperturas de haz 13°, 25°, 40°	22	85.00	1870
5	Philip BBG515 Stylid Micro semiempotrada, cuadrada orientable 1 x SLED400 10 Aperturas de haz 13°, 25°, 40° 50.000s	7	65	455
6	Mano de obra. Incluido elementos necesarios para su montaje.	6	24.00	144.00
			SUBTOTAL	10.029

**5.10.2. Alumbrado exterior**

Partida	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
1	Philips SGP625 1XSON-T 150W 1 E27/E40 2000 220 V	14	198.00	2772
2	Philips 919201042880 HPIT400W-PLUS E40 4500 220-240 400 32000 84 20000 Simétrica SP 250W S KOMBI PRO PACK 400W S	3	360.00	1080
3	Mano de obra. Incluido elementos necesarios para su montaje.	3	24.00	72.00
			SUBTOTAL	1042.00

5.10.3. Alumbrado de emergencia

Partida	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
1	Schneider Primalum OVA37078E de 320 lm y 11W	38	63.75	2422.5
2	Schneider Primalum OVA37074E de 90 lm y 6W	10	34.67	346.7
3	Schneider Primalum OVA37037E de 65 lm y 6W	4	31.34	125.36
4	Mano de obra. Incluido elementos necesarios para su montaje.	5	24.00	120.00
			SUBTOTAL	3014.56



5.11. CAPÍTULO VI: ELEMENTOS VARIOS

5.11.1. Interruptores, conmutadores, tomas de corriente...

Partida	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
1	Interruptor, 10 A, 230/240 V, Marca: Simon, Serie: 82	35	6.48	226.8
2	Cofret estanco para tomas industriales con 3 aberturas de 90x100 mm. Marca: Schneider, Modelo: Kaedra	8	37.14	297.12
3	Toma de corriente monofásica de 16 A, (2P+T), 230 V, para cofret Kaedra.	24	4.96	119.04
4	Toma de corriente trifásica de 16 A, (4P+T), 400 V, para cofret Kaedra.	24	9.74	233.76
5	Toma de corriente monofásica de 16 A, (2P+T), 230 V, con caja de empotrar. Marca: Simon, Serie: 27	15	9.27	139.05
7	Mano de obra. Incluido elementos necesarios para su montaje.	6	24.00	144.00
			SUBTOTAL	1159.77

**5.10 RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN**

ORDEN	DESCRIPCIÓN	TOTAL (€)
5.1	CABLES	112531.6
5.2	TUBOS	2646.05
5.3	MAGNETOTERMICOS, I, ATOMATICOS Y FUSIBLES	18305
5.4	PROTECCIONES	4000
5.5	DIFERENCIALES	17760.6
5.6	CANALIZACIONES	2443.41
5.7	COMPENSACION DE LA ENERGÍA REACTIVA	1147
5.8	CENTRO DE TRANSFORMACION	39416.78
5.9	EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD	1336.41
5.10	ALUMBRADO	14085.56
5.11	VARIOS	1159.77
TOTAL	PRESUPUESTO DE EJECUCION DE MATERIAL (P.E.M.)	237155.18
	GASTOS GENERALES (5%)	11857.76
	BENEFICIO INDUSTRIAL (10%)	23715.518
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (P.E.C.)	272728.458
	I.V.A. (21%)	57252.98
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (P.E.C.) (CON I.V.A.)	329981.438
	HONORARIOS DEL PROYECTO (4%)	13199.26
	HONORARIOS DIRECCION DE OBRA (4%)	13199.26
	HONORARIOS PROYECTO Y DIRECCION DE OBRA	26398.52
	I.V.A. (21%)	5543.688
	TOTAL HONORARIOS (CON I.V.A.)	31942.2
	PRESUPUESTO TOTAL [Honorarios (con I.V.A.) + Presupuesto de ejecución por contrata (con I.V.A.)]	361923.638

El total del presente proyecto asciende a la cantidad de **TRESCIENTOS SESENTA Y UN MIL, NOVECIENTOS VEINTITRES EUROS CON SEISCIENTOS TREINTA Y OCHO CENTIMOS.**

Pamplona, a 30 abril del 2014

EL INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL

JAVIER AGUIRRE MUNIAIN



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACION ELÉCTRICA EN BAJA TENSION CON
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UN TRUJAL DE
ACEITE

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Javier Aguirre Muniain

José Javier Crespo

Pamplona, 30/04/2014



6.1. OBJETO	2
6.1.1. Real decreto 1627/1997	2
6.1.2. RIESGOS MÁS FRECUENTES	2
6.2. NORMAS DE ACTUACION PREVENTIVA	3
6.2.1. EN FASE DE PROYECTO	3
6.2.2. En fase de planificación de los trabajos	5
6.2.3. Antes del inicio de los trabajos	5
6.2.3.1. Formación.	7
6.2.3.1.1. Formación del Personal Técnico	7
6.2.3.1.2. Formación del Personal de producción	8
6.2.3.2. Funciones del personal técnico a pie de obra.	8
6.2.3.3. Funciones de los mandos intermedios.	10
6.2.3.4. Funciones del personal de obra	12
6.2.3.5. Normas de carácter general	12
6.2.3.5.1. Protecciones personales	13
6.2.3.6. Normas de carácter específico	15
6.2.3.6.1. Intervención en instalaciones eléctricas	15
6.2.3.6.2. Manipulación de sustancias químicas	16
6.2.3.6.3.- Manejo de herramientas manuales Causas de los riesgos	17
6.2.3.6.4.- Manejo de herramientas punzantes Causas de los riesgos	18
6.2.3.6.5. Pistola fija clavos	19
6.2.3.6.6. Manejo de herramientas de percusión	20
6.2.3.6.7. Manejo de cargas sin medios mecánicos	21
6.2.3.6.8.- Maquinas eléctricas portátiles	23
6.2.3.6.9. Montacargas	25
6.3 RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE	26
6.4. RIESGOS LABORALES NO ELIMINABLES COMPLETAMENTE	27
6.5. PRIMEROS AUXILIOS	31
6.6. NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES A LA OBRA GENERAL	31



6.1. OBJETO

El Estudio Básico de seguridad y salud se realiza para identificar los riesgos laborales que pueden ser evitados, así como las disposiciones mínimas generales que se deben tomar para evitar los riesgos que entraña la ejecución de este proyecto.

Además, debe establecer el vestuario laboral de los trabajadores acorde a las homologaciones del Real Decreto de las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

6.1.1. Real decreto 1627/1997

El Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción expresa lo siguiente en el artículo 4:

1. El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:
 - a) Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas (450.759,08 €).
 - b) Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
 - c) Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
 - d) Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.
2. En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.

6.1.2. RIESGOS MÁS FRECUENTES

Caída al mismo nivel.

Caída a distinto nivel.

Caída de objetos.

Afecciones en la piel.



Contactos eléctricos directos e indirectos. Caída o colapso de andamios.

Contaminación acústica.

Lumbalgia por sobreesfuerzo.

Lesiones en manos.

Lesiones en pies.

Quemaduras por partículas incandescentes.

Quemaduras por contacto con objetos calientes.

Choques o golpes contra objetos.

Cuerpos extraños en los ojos.

Incendio.

Explosión.

6.2.- NORMAS DE ACTUACION PREVENTIVA

6.2.1. EN FASE DE PROYECTO

El proyecto, al desarrollar la actividad contemplada en este trabajo, debe de haber integrado todos los factores de seguridad para personas y las cosas, quedando relegada la colocación de protecciones colectivas, defensas, resguardos y utilización de protecciones personales a aquellas situaciones de riesgo que no han sido previstas ni integradas al proceso productivo. El proyectista, el coordinador de los trabajos por parte



de la Dirección Facultativa, el planificador técnico de los trabajos y el propio empresario de la contrata, son piezas claves para la consecución de este objetivo.

La Dirección Facultativa debe haber tenido en cuenta en fase de proyecto, todos aquellos aspectos del proceso productivo que, de una u otra forma, pueden poner en peligro la salud e integridad física de los trabajadores o de terceras personas ajenas a la obra.

Se tendrá en cuenta la existencia o no de conducciones eléctricas aéreas a fin de solicitar a la compañía correspondiente el desvío, apantallado o descargo que corresponda.

La Dirección Técnica de la obra habrá planificado los trabajos seleccionando las técnicas más adecuadas a emplear en cada caso concreto, y las que mayores garantías de seguridad ofrezca a los trabajadores que realizan la actividad objeto de este procedimiento.

La Dirección Facultativa conjuntamente con el máximo Responsable Técnico del Contratista a pie de obra deberán comprobar previamente el conjunto de los siguientes aspectos:

Revisión de los planos del proyecto y de obra.

Replanteo.

Maquinaria y herramientas adecuadas.

Andamios.

Aberturas no incluidas en los planos.

Condiciones de almacenamiento de los materiales.



La Dirección Facultativa informará al constructor de los riesgos y dificultades que, si bien están minimizados, no se han podido solventar en fase de proyecto, y contando con la opinión de los propios trabajadores, se evaluará el nivel de riesgo que asume, quedando reflejado tanto en el Estudio de Seguridad como en el Plan que lo desarrolla.

6.2.2. En fase de planificación de los trabajos

En la preparación del plan de obra, el comienzo de los trabajos, sólo deberá acometerse cuando se disponga de todos los elementos necesarios para proceder a su asentamiento y delimitación definida de las zonas de influencia durante las maniobras, suministro de materiales así como el radio de actuación de los equipos en condiciones de seguridad para las personas y los restantes equipos.

Establecer un programa para cadenciar el avance de los trabajos, así como la retirada y acopio de la totalidad de los materiales empleados, en situación de espera.

En el caso de que tenga que instalarse un cuadro, equipo o se utilice cualquier otra maquinaria, se mantendrá la distancia de seguridad respecto a las líneas de conducción eléctricas, y se consultarán las normas NTE-IEB "Instalaciones de electricidad. Baja tensión" y NTE-IEP "Instalaciones de electricidad. Puesta a tierra"

Se revisará todo lo concerniente a la instalación eléctrica comprobando su adecuación a la potencia requerida y el estado de conservación en el que se encuentra.

Será debidamente cercada la zona en la cual pueda haber peligro de caída de materiales, y no se haya podido apantallar adecuadamente la previsible parábola de caída del material.

6.2.3. Antes del inicio de los trabajos



Antes de comenzar los trabajos, estarán aprobados por la Dirección Facultativa, el método constructivo empleado y los circuitos de circulación que afectan a la obra.

Se efectuará un estudio de acondicionamiento de las zonas de trabajo, para prever la colocación de plataformas, torretas, zonas de paso y formas de acceso, y poderlos utilizar de forma conveniente.

En general las vallas o palenques acotarán no menos de 1 m el paso de peatones y 2 m el de vehículos.

Se dispondrá en obra, para proporcionar en cada caso, el equipo indispensable y necesario, prendas de protección individual tales como cascos, gafas, guantes, botas de seguridad homologadas, impermeables y otros medios que puedan servir para eventualidades o socorrer y evacuar a los operarios que puedan accidentarse.

El personal habrá sido instruido sobre la utilización correcta de los equipos individuales de protección, necesarios para la realización de su trabajo. En los riesgos puntuales y esporádicos de caída de altura, se utilizará obligatoriamente el cinturón de seguridad ante la imposibilidad de disponer de la adecuada protección colectiva u observarse vacíos respecto a la integración de la seguridad en el proyecto de ejecución.

En los trabajos sobre una instalación de B.T. y previamente al inicio de los mismos, en el lugar de corte, se realizarán las operaciones siguientes:

Abrir los circuitos, con la finalidad de aislar todas las fuentes de tensión que puedan alimentar la instalación en la que debe trabajarse. Esta apertura debe efectuarse en cada uno de los conductores, comprendiendo el neutro, y en los conductores de alumbrado público si los hubiese, mediante elementos de corte omnipolar, o en su defecto, abriendo primero las fases y en ultimo lugar el neutro. Si la instalación está en funcionamiento imposibilitando la sección o separación del neutro, o bien si éste está en bucle, se realizará el trabajo como si se tratara de un trabajo en tensión (apantallado, aislamiento, enclavamiento, etc.).



Bloquear si es posible, y en posición de apertura, los aparatos de corte. En cualquier caso, colocar en el mando de estos aparatos una señalización de "prohibición de maniobrar con él".

Verificación de la ausencia de tensión en cada uno de los conductores, incluido el neutro y los de alumbrado público si los hubiese, en una zona lo más próxima posible al punto de corte, así como en las masas metálicas próximas (p.ej. palomillas, vientos, cajas, etc.).

6.2.3.1. Formación.

Se efectuará entre el personal la formación adecuada para asegurar la correcta utilización de los medios puestos a su alcance para mejorar su rendimiento, calidad y seguridad de su trabajo.

6.2.3.1.1. Formación del Personal Técnico

Profesionalidad.

Interpretación del proyecto en sus aspectos estructurales y su influencia en el resto de los trabajos confluentes.

Cálculo de los tiempos óptimos.

Sincronización de equipos y su influencia respecto a terceros.

Control de producción y mantenimiento de los tajos.

Equipamiento electromecánica de los equipos.

Mantenimiento preventivo y prácticas con los equipos.

Sistemas de trabajo.



Seguridad eléctrica, apantallado.

Primeros auxilios, shock eléctrico.

6.2.3.1.2. Formación del Personal de producción

Profesionalidad elemental del funcionamiento electromecánico de los equipos.

Conocimiento mecánico de las unidades.

Sistema de trabajo.

Sincronización de las diferentes máquinas, equipos eléctricos Mantenimiento preventivo.

Conocimiento de la operatividad de las máquinas. Prácticas con equipos y herramientas.

Seguridad en el trabajo.

6.2.3.2. Funciones del personal técnico a pie de obra.

Antes de iniciar los trabajos se deberán considerar por parte de la dirección ejecutiva coordinadamente con el mando intermedio responsable del tajo, los siguientes aspectos de la seguridad de los trabajos:

- Comprobar la realización de apertura con corte visible de los circuitos o instalaciones solicitadas.

- Supervisar el enclavamiento en posición de apertura de los aparatos de corte o acometida, así como su señalización de advertencia en el mando de los citados aparatos.

- Verificar la ausencia de tensión en cada uno de los conductores, antes y después de realizados los trabajos.



- Se asegurará de la correcta puesta a tierra y en cortocircuito. Determinar el ámbito de la zona protegida por consignación o descargo de línea.
- Dar las órdenes para la colocación de apantallamientos protectores en proximidad de otras instalaciones en tensión.
- Se planificará la zona de acopios, la posición de las máquinas y el desarrollo de los trabajos considerando la variación de la disponibilidad de espacio, acotándose las zonas con vallas y balizas.
- Se establecerán los accesos a la zona de trabajo a utilizar por el personal, vehículos y cargas suspendidas.
- Se estudiarán las posibles interferencias a otros trabajos que se pudieran producir y las medidas de seguridad que se adoptarán llegado el caso.
- Se considera si las protecciones colectivas previstas en el Plan de Seguridad, son suficientes para garantizar el normal desarrollo de los trabajos, y si las condiciones de trabajo supuestas en dicho Plan se corresponden con la situación real.
- En caso de tenerse que realizar modificaciones se informará a la Dirección Facultativa de la situación, solicitando de esta la aprobación las nuevas medidas a adoptar.
- Se informará de posibles riesgos adicionales que pudieran existir (Ej.: cables en tensión próximos a la zona de trabajo ajenos a la obra, situaciones climáticas extremas, proximidad de la obra a industrias de actividades consideradas nocivas o peligrosas, etc.) y de las medidas de seguridad que deber adoptar previas al inicio de los trabajos o por el personal durante el desarrollo de los mismos.
- Se pondrá en conocimiento de los mandos intermedios las normas de Seguridad generales de la obra y del presente Procedimiento Operativo de Seguridad, así como los específicos sobre, máquinas, herramientas y medios auxiliares a utilizar en los trabajos.



6.2.3.3.- Funciones de los mandos intermedios.

- Verificar la ausencia de tensión.
- Comprobar la puesta a tierra y en cortocircuito de la instalación.
- Delimitar la zona de trabajo mediante señalización visible.
- Comprobar la dotación e idoneidad de las protecciones personales, equipos y herramientas dieléctricas de los operarios a su cargo
- Inspeccionar el estado de los accesos y de las zonas de trabajo de las distintas plantas, antes del inicio de las operaciones.
- Inspeccionar el estado de las instalaciones colectivas, dando las instrucciones para que se repongan los elementos deteriorados o sustraídos, y reponiendo en el almacén el material empleado.
- Planificar los trabajos de forma, que el personal será el especializado en cada tipo de tarea.
- Poner en conocimiento del personal las normas de seguridad generales de la obra y del presente Procedimiento Operativo de Seguridad, así como los específicos sobre, máquinas, herramientas y medios auxiliares a utilizar en los trabajos.
- Informar al personal a su cargo de los trabajos que deberán realizar, así como de las medidas de seguridad que se van a adoptar (medidas organizativas, protecciones colectivas) y las que deben adoptar con carácter individual.
- El "Encargado General de los Trabajos" deberá formar previamente a su personal en los "Principios básicos de manipulación de materiales":
 - El tiempo dedicado a la manipulación de los distintos materiales es directamente proporcional a la exposición al riesgo de accidentes derivados de dicha actividad. La



manipulación eleva el costo de la producción sin aumentar el valor de la obra ejecutada. Consecuentemente, hay que tender a la supresión de toda manipulación que no sea absolutamente imprescindible, simplificando al máximo los procesos de trabajo.

- . Procurar que los distintos materiales, así como la plataforma de apoyo y de trabajo del operario, estén a la altura en que se ha de trabajar con ellos. Cada vez que se sube o se baja una pieza o se desplaza un operario para recogerla, existe la posibilidad de evitar una manipulación y/o un desplazamiento.

- . Evitar el depositar los materiales sobre el suelo, hacerlo sobre bateas o los contenedores que permitan su transporte a granel.

- . Acortar en lo posible las distancias a recorrer por el material manipulado evitando estacionamientos intermedios entre el lugar de partida del material y el emplazamiento definitivo de su puesta en obra.

- . Acarrear siempre las piezas a granel mediante paloniers, bateas, contenedores o palets, en lugar de llevarlas una a una, salvo, claro está, para su manipulación individual.

- . Mantener despejados los lugares de paso de los materiales a manipular. De nada sirve mecanizar los portes, o invertir en bateas o contenedores, si después quedan retenidos por obstáculos, o se convierten ellos mismos a su vez en impedimento de la misma índole para las restantes actividades simultáneas coincidentes en la obra.

Límites al transporte manual de material: $F \times d \times p < 800$

F = Carga media en Kg < 30 Kg

d = Distancia media (m) recorrida con carga < 30 m.

p = Producción diaria considerando la frecuencia < 10 Tm/día

NOTA : El valor límite de 30 Kg para hombres puede superarse puntualmente a 50 Kg cuando se trate de descargar una carga pesada para colocarla sobre un medio



mecánico de manutención. En el caso de tratarse de mujeres se reducen estos valores a 15 y 25 Kg respectivamente.

6.2.3.4. Funciones del personal de obra

El personal deberá comprobar si dispone de todas las prendas de protección personal que necesita para el trabajo, así mismo verificará su estado de utilización y conservación, poniendo en conocimiento de sus mandos cualquier anomalía.

Deberá verificar el estado de conservación de las herramientas manuales, maquinaria o medios auxiliares que están bajo su responsabilidad.

Deberá informar al mando intermedio de su capacitación para realizar las tareas que se le encomienden, así como de sus limitaciones físicas o personales que pudieran interferir en el normal desarrollo de trabajo.

Deberá respetar las protecciones colectivas instaladas con carácter general en la obra. Su anulación es un delito penal.

Durante la realización de los trabajos.

6.2.3.5. Normas de carácter general

Las zonas de trabajo y circulación deberán permanecer limpias, ordenadas y bien iluminadas.

Las herramientas y máquinas estarán en perfecto estado, empleándose las más adecuadas para cada uso, siendo utilizadas por personal autorizado o experto a criterio del encargado de obra.

Los elementos de protección colectiva permanecerán en todo momento instalados y en perfecto estado de mantenimiento. En caso de rotura o deterioro se deberán reponer con la mayor diligencia.



La señalización será revisada a diario de forma que en todo momento permanezca actualizada a las condiciones reales de trabajo.

Después de haber adoptado las operaciones previas (apertura de circuitos, bloqueo de los aparatos de corte y verificación de la ausencia de tensión) a la realización de los trabajos eléctricos, se deberán realizar en el propio lugar de trabajo, las siguientes:

Verificación de la ausencia de tensión y de retornos.

Puesta en cortocircuito lo más cerca posible del lugar de trabajo y en cada uno de los conductores sin tensión, incluyendo el neutro y los conductores de alumbrado publico, si existieran. Si la red conductora es aislada y no puede realizarse la puesta en cortocircuito, deberá procederse como si la red estuviera en tensión, en cuanto a protección personal se refiere.

Delimitar la zona de trabajo, señalizándola adecuadamente si existe la posibilidad de error en la identificación de la misma.

6.2.3.5.1. Protecciones personales

Los equipos de protección individual (EPI) de prevención de riesgos eléctricos deberán ajustarse a las especificaciones y para los valores establecidos en las Norma UNE, o en su defecto, Recomendación AMYS.

Los guantes aislantes, además de estar, perfectamente conservados y ser verificados frecuentemente, deberán estar adaptados a la tensión de las instalaciones o equipos en los cuales se realicen trabajos o maniobras.

Durante la ejecución de todos aquellos trabajos que conlleven un riesgo de proyección de partículas no incandescentes, se establecerá la obligatoriedad de uso de gafas de seguridad, con cristales incoloros, templados, curvados y ópticamente neutros, montura resistente, puente universal y protecciones laterales de plástico perforado o rejilla metálica. En los casos precisos, estos cristales serán graduados y protegidos por otros superpuestos.



En los trabajos de desbarbado de piezas metálicas, se utilizarán las gafas herméticas tipo cazoleta, ajustables mediante banda elástica, por ser las únicas que garantizan la protección ocular contra partículas rebotadas.

En los trabajos y maniobras sobre fusibles, seccionadores, bornas o zonas en tensión en general, en los que pueda cebarse intempestivamente el arco eléctrico, será preceptivo el empleo de: casco de seguridad normalizado para A.T., pantalla facial de policarbonato con atalaje aislado, gafas con ocular filtrante de color DIN-2 ópticamente neutro, guantes dieléctricos (en la actualidad se fabrican hasta 30.000 V), o si se precisa mucha precisión, guantes de cirujano bajo guantes de tacto en piel de cabritilla curtida al cromo con manguitos incorporados (tipo taponero).

En todos aquellos trabajos que se desarrollen en entornos con niveles de ruidos superiores a los permitidos en la normativa vigente, se deberán utilizar protectores auditivos.

La totalidad del personal que desarrolle trabajos en el interior de la obra, utilizará cascos protectores que cumplan las especificaciones.

Durante la ejecución de todos aquellos trabajos que se desarrollen en ambientes de humos de soldadura, se facilitará a los operarios mascarillas respiratorias buconasales con filtro mecánico y de carbono activo contra humos metálicos.

El personal utilizará durante el desarrollo de su trabajo, guantes de protección adecuados a las operaciones que realicen.

A los operarios sometidos al riesgo de electrocución y como medida preventiva frente al riesgo de golpes extremidades inferiores, se les dotará de adecuadas botas de seguridad dieléctricas con puntera reforzada de "Akulón", sin herrajes metálicos.

Todos los operarios utilizarán cinturón de seguridad dotado de arnés, anclado a un punto fijo, en aquellas operaciones en las que por el proceso productivo no puedan ser protegidos mediante el empleo de elementos de protección colectiva.



6.2.3.6.-. Normas de carácter específico

6.2.3.6.1. Intervención en instalaciones eléctricas

Para garantizar la seguridad de los trabajadores y para minimizar la posibilidad de que se produzcan contactos eléctricos directos, al intervenir en instalaciones eléctricas realizando trabajos sin tensión; se seguirán al menos tres de las siguientes reglas (cinco reglas de oro de la seguridad eléctrica):

El circuito se abrirá con corte visible.

Los elementos de corte se enclavarán en posición de abierto, si es posible con llave.

Se señalizarán los trabajos mediante letrero indicador en los elementos de corte "PROHIBIDO MANIOBRAR PERSONAL TRABAJANDO".

Se verificará la ausencia de tensión con un discriminador de tensión o medidor de tensión.

Se cortocircuitarán las fases y se pondrán a tierra.

Los trabajos en tensión se realizarán cuando existan causas muy justificadas, se realizarán por parte de personal autorizado y adiestrado en los métodos de trabajo a seguir, estando en todo momento presente un Jefe de trabajos que supervisará la labor del grupo de trabajo. Las herramientas que utilicen y prendas de protección personal deberán ser homologado.

Al realizar trabajos en proximidad a elementos en tensión, se informará al personal de este riesgo y se tomarán las siguientes precauciones:

En un primer momento se considerará si es posible cortar la tensión en aquellos elementos que producen la el riesgo.

Si no es posible cortar la tensión se protegerá mediante mamparas aislantes (vinilo).



En el caso que no fuera necesario tomar las medidas indicadas anteriormente se señalará y delimitará la zona de riesgo.

6.2.3.6.2. Manipulación de sustancias químicas

En los trabajos eléctricos se utilizan sustancias químicas que pueden ser perjudiciales para la salud. Encontrándose presentes en productos tales, como desengrasantes, disolventes, ácidos, pegamento y pinturas; de uso corriente en estas actividades.

Estas sustancias pueden producir diferentes efectos sobre la salud como dermatosis, quemaduras químicas, narcosis, etc.

Cuando se utilicen se deberán tomar las siguientes medidas:

Los recipientes que contengan estas sustancias estarán etiquetados indicando, el nombre comercial, composición, peligros derivados de su manipulación, normas de actuación (según la legislación vigente).

Se seguirán fielmente las indicaciones del fabricante.

No se rellenarán envases de bebidas comerciales con estos productos.

Se utilizarán en lugares ventilados, haciendo uso de gafas panorámicas ϕ pantalla facial, guantes resistentes a los productos y mandil igualmente resistente.

En el caso de tenerse que utilizar, en lugares cerrados o mal ventilados se utilizarán mascarillas con filtro químico adecuado a las sustancias manipuladas.

Al hacer disoluciones con agua, se verterá el producto químico sobre el agua con objeto de que las salpicaduras estén más rebajadas. No se mezclarán productos de distinta naturaleza.



6.2.3.6.3.- Manejo de herramientas manuales Causas de los riesgos:

Negligencia del operario.

Herramientas con mangos sueltos o rajados.

Destornilladores improvisados fabricados "in situ" con material y procedimientos inadecuados.

Utilización inadecuada como herramienta de golpeo sin serlo.

Utilización de llaves, limas o destornilladores como palanca.

Prolongar los brazos de palanca con tubos.

Destornillador o llave inadecuada a la cabeza o tuerca. a sujetar. Utilización de limas sin mango.

Medidas de prevención:

No se llevarán las llaves y destornilladores sueltos en el bolsillo, sino en fundas adecuadas y sujetas al cinturón.

No sujetar con la mano la pieza en la que se va a atornillar.

No se emplearán cuchillos o medios improvisados para sacar o introducir tornillos.

Las llaves se utilizarán limpias y sin grasa.

No utilizar las llaves para martillar, remachar o como palanca. No empujar nunca una llave, sino tirar de ella.

Emplear la llave adecuada a cada tuerca, no introduciendo nunca cuñas para ajustarla.



Medidas de protección

Para el uso de llaves y destornilladores utilizar guantes de tacto.

Para romper, golpear y arrancar rebabas de mecanizado, utilizar gafas antimpactos.

6.2.3.6.4.- Manejo de herramientas punzantes Causas de los riesgos:

Cabezas de cinceles y punteros floreados con rebabas.

Inadecuada fijación al astil o mango de la herramienta.

Material de calidad deficiente.

Uso prolongado sin adecuado mantenimiento.

Maltrato de la herramienta.

Utilización inadecuada por negligencia o comodidad. Desconocimiento o imprudencia de operario.

Medidas de prevención:

En cinceles y punteros comprobar las cabezas antes de comenzar a trabajar y desechar aquellos que presenten rebabas, rajaduras o fisuras. No se lanzarán las herramientas, sino que se entregarán en la mano. Para un buen funcionamiento, deberán estar bien afiladas y sin rebabas.

No cincelar, taladrar, marcar, etc., nunca hacia uno mismo ni hacia otras personas. Deberá hacerse hacia afuera y procurando que nadie esté en la dirección del cincel.

No se emplearán nunca los cinceles y punteros para aflojar tuercas. El vástago será lo suficientemente largo como para poder cogerlo cómodamente con la mano o bien utilizar un soporte para sujetar la herramienta.



No mover la broca, el cincel, etc. hacia los lados para así agrandar un agujero, ya que puede partirse y proyectar esquirlas.

Por tratarse de herramientas templadas no conviene que cojan temperatura con el trabajo ya que se tornan quebradizas y frágiles. En el afilado de este tipo de herramientas se tendrá presente este aspecto, debiéndose adoptar precauciones frente a los desprendimientos de partículas y esquirlas.

Medidas de protección:

Deben emplearse gafas antipactos de seguridad, homologadas para impedir que esquirlas y trozos desprendidos de material puedan dañar a la vista.

Se dispondrá de pantallas faciales protectoras abatibles, si se trabaja en la proximidad de otros operarios.

Utilización de protectores de goma maciza para asir la herramienta y absorber el impacto fallido (protector tipo "Goma nos" o similar).

6.2.3.6.5. Pistola fijaclavos

Debe de ser de seguridad ("tiro indirecto") en la que el clavo es impulsado por una buterola o empujador que desliza por el interior del cañón, que se desplaza hasta un tope de final de recorrido, gracias a la energía desprendida por el fulminante. Las pistolas de "Tiro directo", tienen el mismo peligro que un arma de fuego.

El operario que la utilice, debe estar habilitado para ello por su Mando Intermedio en función de su destreza demostrada en el manejo de dicha herramienta en condiciones de seguridad.

El operario estar siempre detrás de la pistola y utilizar gafas antipactos.

Nunca se desmontarán los elementos de protección que traiga la pistola.



Al manipular la pistola, cargarla, limpiarla, etc., el cañón debe apuntar siempre oblicuamente al suelo.

No se debe clavar sobre tabiques de ladrillo hueco, ni junto a aristas de pilares.

Se elegirá siempre el tipo de fulminante que corresponda al material sobre el que se tenga que clavar.

La posición, plataforma de trabajo e inclinación del operario deben garantizar plena estabilidad al retroceso del tiro.

La pistola debe transportarse siempre descargada y aún así, el cañón no debe apuntar a nadie del entorno.

6.2.3.6.6. Manejo de herramientas de percusión

Causas de los riesgos:

Mangos inseguros, rajados o ásperos.

Rebabas en aristas de cabeza.

Uso inadecuado de la herramienta.

Medidas de prevención:

Rechazar toda maceta con el mango defectuoso.

No tratar de arreglar un mango rajado.

La maceta se usará exclusivamente para golpear y siempre con la cabeza.

Las aristas de la cabeza han de ser ligeramente romas.



Medidas de protección

Empleo de prendas de protección adecuadas, especialmente gafas de seguridad o pantallas faciales de rejilla metálica o policarbonato.

Las pantallas faciales serán preceptivas si en las inmediaciones se encuentran otros operarios trabajando.

6.2.3.6.7. Manejo de cargas sin medios mecánicos

- * Para el izado manual de cargas es obligatorio seguir los siguientes pasos:
- * Acercarse lo más posible a la carga.
- * Asentar los pies firmemente.
- * Agacharse doblando las rodillas.
- * Mantener la espalda derecha.
- * Agarrar el objeto firmemente.
- * El esfuerzo de levantar lo deben realizar los músculos de las piernas.
- * Durante el transporte, la carga debe permanecer lo más cerca posible del cuerpo.
- * Para el manejo de piezas largas por una sola persona se actuará según los siguientes criterios preventivos:
- * Llevar la carga inclinada por uno de sus extremos, hasta la altura del hombro.
- * Avanzar desplazando las manos a lo largo del objeto, hasta llegar al centro de gravedad de la carga.



- * Se colocará la carga en equilibrio sobre el hombro.
- * Durante el transporte, mantendrá la carga en posición inclinada, con el extremo delantero levantado.
- * Es obligatoria la inspección visual del objeto pesado a levantar para eliminar aristas afiladas.
- * Se prohíbe levantar más de 50 Kg por una sola persona, si se rebasa este peso, solicitar ayuda a un compañero.
- * Es obligatorio el empleo de un código de señales cuando se ha de levantar un objeto entre varios, para aportar el esfuerzo al mismo tiempo. Puede ser cualquier sistema a condición de que sea conocido o convenido por el equipo.
- * Para descargar materiales es obligatorio tomar las siguientes precauciones:
 - * Empezar por la carga o material que aparece más superficialmente, es decir el primero y más accesible.
 - * Entregar el material, no tirarlo.
 - * Colocar el material ordenado y en caso de apilado estratificado, que este se realice en pilas estables, lejos de pasillos o lugares donde pueda recibir golpes o desmoronarse.
 - * Utilizar guantes de trabajo y botas de seguridad con puntera metálica y plantilla metálicas.
 - * En el manejo de cargas largas entre dos o más personas, la carga puede mantenerse en la mano, con el brazo estirado a lo largo del cuerpo, o bien sobre el hombro.
 - * Se utilizarán las herramientas y medios auxiliares adecuados para el transporte de cada tipo de material.



* En las operaciones de carga y descarga, se prohíbe colocarse entre la parte posterior de un camión y una plataforma, poste, pilar o estructura vertical fija.

* Si en la descarga se utilizan herramientas como brazos de palanca, uñas, patas de cabra o similar, ponerse de tal forma que no se venga carga encima y que no se resbale.

6.2.3.6.8.- Maquinas eléctricas portátiles

De forma genérica las medidas de seguridad a adoptar al utilizar las maquinas eléctricas portátiles son las siguientes:

Cuidar que el cable de alimentación está en buen estado, sin presentar abrasiones, aplastamientos, punzaduras, cortes o cualquier otro defecto.

Conectar siempre la herramienta mediante clavija y enchufe adecuados a la potencia de la máquina.

Asegurarse de que el cable de tierra existe y tiene continuidad en la instalación si la máquina a emplear no es de doble aislamiento. Al terminar se dejará la máquina limpia y desconectada de la corriente.

Cuando se empleen en emplazamientos muy conductores (lugares muy húmedos, dentro de grandes masas metálicas, etc.) se utilizarán herramientas alimentadas a 24 como máximo o mediante transformadores separadores de circuitos.

El operario debe estar adiestrado en el uso, y conocer las presentes normas.

- Taladro:

Utilizar gafas antipacto o pantalla facial.

La ropa de trabajo no presentar partes sueltas o colgantes que pudieran engancharse en la broca.



En el caso de que el material a taladrar se desmenuzara en polvo finos utilizar mascarilla con filtro mecánico (puede utilizarse las mascarillas de celulosa desechables).

Para fijar la broca al portabrocas utilizar la llave específica para tal uso.

No frenar el taladro con la mano.

No soltar la herramienta mientras la broca tenga movimiento. No inclinar la broca en el taladro con objeto de agrandar el agujero, se debe emplear la broca apropiada a cada trabajo. En el caso de tener que trabajar sobre una pieza suelta, ésta estará apoyada y sujeta.

Al terminar el trabajo retirar la broca de la maquina.

- Esmeriladora circular:

El operario se equipará con gafas anti-impacto, protección auditiva y guantes de seguridad.

Se seleccionará el disco adecuado al trabajo a realizar, al material y a la máquina.

Se comprobará que la protección del disco esté sólidamente fijada, desechándose cualquier maquina que carezca de ,l.

Comprobar que la velocidad de trabajo de la maquina no supera, la velocidad máxima de trabajo del disco. Habitualmente viene expresado en m/s ó r.p.m. para su conversión se aplicará la formula: $m/s = (r.p.m. \times 3,14 \times O) / 60$

Siendo O= diámetro del disco en metros.

Para fijar los discos se utilizará la llave específica para tal uso. Se comprobará que el disco gira en el sentido correcto. Si se trabaja en proximidad a otros operarios se dispondrán pantallas, mamparas o lonas que impidan la proyección de partículas. No se



soltará la maquina mientras siga en movimiento el disco. En el caso de tener que trabajar sobre una pieza suelta esta estar apoyada y sujeta.

6.2.3.6.9. Montacargas

La instalación eléctrica estará protegida con disyuntor diferencial de 300 mA y toma de tierra adecuada de las masas metálicas.

El castillete estará bien cimentado sobre base de hormigón, no presentará desplomes, la estructura será indeformable y resistente y estará perfectamente anclado al edificio para evitar el vuelco y a distancias inferiores a la de pandeo.

El cable estará sujeto con garzas realizadas con un mínimo de tres grapas correctamente colocadas y no presentará un deshilachado mayor del 10% de hilos.

Todo el castillete estará protegido y vallado para evitar el paso o la presencia del personal bajo la vertical de carga.

Existirá de forma bien visible el cartel "prohibido el uso por personas" en todos los accesos.

Se extraerán los carros sin pisar la plataforma.

En todos los accesos se indicará la carga máxima en Kg

Todas las zonas de embarco y desembarco cubiertas por los montacargas, deberán protegerse con barandillas dotadas de enclavamiento electromecánico, y dispondrán de barandilla basculante.

Todos los elementos mecánicos agresivos como engranajes, poleas, cables, tambores de enrollamiento, etc., deberán tener una carcasa de protección eficaz que eviten el riesgo de atrapamiento.



Las plataformas estarán dotadas en los laterales de rodapiés que impidan la caída de materiales.

Es necesario que todas las cargas que se embarquen vayan en carros con el fin de extraerlas en las plantas sin acceder a la plataforma.

6.3 RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE

La tabla siguiente contiene la relación de los riesgos laborales que pudiendo presentarse en la obra, van a ser totalmente evitados mediante la adopción de las medidas técnicas que también se incluyen:

RIESGOS EVITABLES	MEDIDAS TÉCNICAS ADOPTADAS
Derivados de la rotura de instalaciones existentes.	Neutralización de dichas instalaciones.
Presencia de líneas eléctricas de alta tensión aéreas o subterráneas.	Corte del suministro, puesta a tierra y cortocircuito de los cables.
Derivados de la colocación de andamios para la realización de estructura de la nave.	Se realizarán las paredes con bloques de hormigón.



6.4. RIESGOS LABORALES NO ELIMINABLES COMPLETAMENTE

Este apartado contiene la identificación de los riesgos laborales que no pueden ser completamente evitados, y las medidas preventivas y protecciones técnicas que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos. La primera tabla se refiere a aspectos generales que afectan a toda la obra, y las restantes a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que ésta pueda dividirse.

TODA LA OBRA

RIESGOS

Caídas de operarios al mismo nivel.
 Caídas de operarios a distinto nivel.
 Caídas de objetos sobre operarios.
 Caídas de objetos sobre terceros.
 Choques o golpes contra objetos.
 Fuertes vientos.
 Trabajos en condiciones de humedad.
 Contactos eléctricos directos e indirectos.
 Cuerpos extraños en los ojos.
 Sobreesfuerzos.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS

GRADO ADOPCIÓN

Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra.	Permanente
Orden y limpieza de los lugares de trabajo.	Permanente
Recubrimiento, o distancia de seguridad (1 m) a líneas eléctricas de B.T.	Permanente
Iluminación adecuada y suficiente.	Permanente
No permanecer en el radio de acción de las máquinas.	Permanente
Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento.	Permanente
Señalización de la obra (señales y carteles).	Permanente
Cintas de señalización y balizamiento a 10 m de distancia.	Alternativa al vallado
Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de más altura de 2 m.	Permanente
Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o colindantes.	Permanente
Extintor de polvo seco, de eficacia 21 A-113 B	Permanente
Evacuación de escombros.	Frecuente
Escaleras auxiliares.	Ocasional
Información específica.	Para riesgos



Cursos y charlas de formación.	concretos
Grúa parada y en posición veleta	Frecuente
Grúa parada y en posición veleta	Con viento fuerte
	Final de cada jornada

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)

Cascos de seguridad
Calzado protector
Ropa de trabajo

Ropa impermeable o de protección
Gafas de seguridad
Cinturones de protección del tronco

EMPLEO

Permanente
Permanente
Permanente
Con mal tiempo
Frecuente
Ocasional

FASE: ALBAÑILERÍA Y CERRAMIENTOS

RIESGOS

Caídas de operarios al vacío.
Caídas de materiales transportados, a nivel y a niveles inferiores.
Atrapamientos y aplastamientos en manos durante el montaje de andamios.
Atrapamientos por los medios de elevación y transporte.
Lesiones y cortes en mano.
Lesiones, pinchazos y cortes en pies.
Dermatosis por contacto con hormigones, morteros y otros materiales.
Incendios por almacenamiento de productos combustibles.
Golpes o cortes con herramientas.
Electrocuciones.
Proyecciones de partículas al cortar materiales.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS

Apuntalamientos y apeos.
Pasos o pasarelas.
Redes verticales.
Redes horizontales.
Plataforma de carga y descarga de material.
Barandillas rígidas a 0,9 m con listón intermedio y rodapié.
Tableros o planchas rígidas en huecos horizontales.
Escaleras peldañeadas y protegidas.
Evitar trabajos superpuestos.

GRADO ADOPCIÓN

Permanente
Permanente
Permanente
Frecuente
Permanente
Permanente
Permanente
Permanente
Permanente



Bajante de escombros adecuadamente sujetas.
Protección de huecos de entrada de material en plantas.

Permanente
Permanente

EQUIPOS PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)

Gafas de seguridad.
Guantes de cuero o goma.
Botas de seguridad.
Cinturones y arneses de seguridad.
Mástiles y cables fiadores.

EMPLEO
Frecuente
Frecuente
Permanente
Frecuente
Frecuente

FASE: ACABADOS

RIESGOS

Caídas de operarios al vacío.
Caídas de materiales transportados.
Ambiente pulvígeno.
Lesiones, pinchazos y cortes en pies.
Dermatitis por contacto con materiales.
Incendio por almacenamiento de productos combustibles.
Inhalación por almacenamiento de productos combustibles.
Quemaduras.
Electrocución.
Atrapamientos con o entre objetos o herramientas.
Deflagraciones, explosiones e incendios.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS

Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada).
Andamios.
Plataformas de carga y descarga de material.
Barandillas.
Escaleras peldañeadas y protegidas.
Evitar focos de inflamación.
Equipos autónomos de ventilación.
Almacenamiento correcto de los productos.

GRADO ADOPCIÓN

Permanente
Permanente
Permanente
Permanente
Permanente
Permanente
Permanente

EQUIPOS PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)

Gafas de seguridad.
Guantes de cuero o goma.
Botas de seguridad.
Cinturones y arneses de seguridad.

EMPLEO
Ocasional
Frecuente
Frecuente
Ocasional



Mástiles y cables fiadores.	Ocasional
Mascarilla filtrante.	Ocasional
Equipos autónomos de respiración.	Ocasional

FASE: INSTALACIONES

RIESGOS

Lesiones y cortes en manos y brazos.
 Dermatitis por contacto con materiales.
 Inhalación de sustancias tóxicas.
 Quemaduras.
 Golpes y aplastamiento de pies.
 Incendio por almacenamiento de productos combustibles.
 Electrocutaciones.
 Contactos eléctricos directos e indirectos.
 Ambiente pulvígeno.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS

Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada).
 Escalera portátil de tijera con calzos de goma y tirantes.
 Protección del hueco del ascensor.
 Plataforma provisional para ascensoristas.
 Realizar las conexiones eléctricas sin tensión.

GRADO ADOPCIÓN

Permanente
 Permanente
 Permanente
 Permanente
 Permanente

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)

Gafas de seguridad.
 Guantes de cuero o goma.
 Guantes aislantes.
 Botas de seguridad.
 Cinturones y arneses de seguridad.
 Mástiles y cables fiadores.
 Mascarilla filtrante.

EMPLEO

Permanente
 Ocasional
 Ocasional
 Ocasional
 Ocasional
 Ocasional
 Ocasional



6.5. PRIMEROS AUXILIOS

De acuerdo con el apartado A 3 Anexo VI del R.D. 486/97, la obra dispondrá del material de primeros auxilios que se indica en la tabla siguiente, en la que se incluye además la identificación y las distancias a los centros de asistencia sanitaria más cercanos:

PRIMEROS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA

NIVEL DE ASISTENCIA	NOMBRE Y UBICACIÓN	DISTANCIA APROX. (Km)
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En la obra
Asistencia Primaria - Urgencias	Centro Salud Tafalla	6.5
Asist. Especializada - Hospital	Hospital de Navarra	45

6.6. NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES A LA OBRA GENERAL

_Ley de prevención de Riesgos Laborales.	Ley 31/95	08/11/1995	J.Estado	10/11/1995
_Reglamento de los Servicios de Prevención.	RD 39/97	17/01/1997	M.Trab.	31/01/1997
_Disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.	RD 1627/97	24/10/1997	Varios	25/10/1997
_Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud.	RD 485/97	14/04/1997	M.Trab.	23/04/1997
_Modelo de libro de incidencias. Corrección de errores.	Orden	20/09/1986	M.Trab.	13/10/1986 31/10/1986
_Modelo de notificación de accidentes de trabajo.	Orden	16/12/1987		29/12/1987
_Reglamento Seguridad e Higiene en el Trabajo de la Construcción. Modificación.	Orden	20/05/1952	M.Trab.	15/06/1952
Complementario.	Orden	19/12/1953	M.Trab.	22/12/1953
_Cuadro de enfermedades profesionales.	Orden	02/09/1966	M.Trab.	01/10/1966
_Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo. Corrección de errores.	RRD 1995/78			25/08/1978
_Ordenanza trabajo industrias	Orden	09/03/1971	M.Trab.	16/03/1971 06/04/1971
	Orden	28/08/1979	M.Trab.	



construcción, vidrio y cerámica.

Anterior no derogada.	Orden	28/08/1970	M.Trab.	05/09/1970
Corrección de errores.				17/10/1970
Modificación (no derogada), Orden 28-08-70.	Orden	27/07/1973	M.Trab.	
Interpretación de varios artículos.	Orden	21/11/1970	M.Trab.	28/11/1970
Interpretación de varios artículos.	Resolución	24/11/1970	DGT	05/12/1970
_Señalización y otras medidas en obras fijas en vías fuera de poblaciones.	Orden	31/08/1987	M.Trab.	
_Protección de riesgos derivados de exposición a ruidos.	RD 1316/89	27/10/1989	M.Trab.	02/11/1989
Disposiciones mín. seg. Y salud sobre manipulación manual de cargas.	RD 487/97	23/04/1997	M.Trab.	23/04/1997
Reglamentos sobre trabajos con riesgo de amianto.	Orden	31/10/1984	M.Trab.	07/11/1984
Corrección de errores.				22/11/1984
Normas complementarias.	Orden	07/01/1987	M.Trab.	15/01/1987
Modelo libro de registro.	Orden	22/12/1987	M.Trab.	29/12/1987
_Estatuto de los trabajadores.	Ley 8/80	01/03/1980	M.Trab.	
Regulación de la jornada laboral.	RD 2001/83	28/07/1983		03/08/1983
Formación de comités de seguridad.	D. 423/71	11/03/1971	M.Trab.	16/03/1971

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)

_Condiciones comerc. Y libre circulación de EPI.	RD 1407/92	20/11/1992	MRCor.	28/12/1992
Modificación: Marcado "CE" de conformidad y año de colocación.	RD 159/95	03/02/1995		08/03/1995
Modificación RD 159/95.	Orden	20/03/1997		06/03/1997
_Disp. Mínimas de seg. Y salud de equipos de protección individual.	TD 773/97	30/05/1997	M. Presid.	12/06/1997
_EPI contra caída de altura. Disp. De descenso.	UNEEN341	22/05/1997	AENOR	23/06/1997
_Requisitos y método de ensayo: calzado seguridad/protección/trabajo.	UNEEN344/A1	20/10/1997	AENOR	07/11/1997
_Especificaciones calzado seguridad uso profesional.	UNEEN345/A1	20/10/1997	AENOR	08/11/1997
_Especificaciones calzado protección uso profesional.	UNEEN346/A1	21/10/1997	AENOR	09/11/1997
_Especificaciones calzado trabajo uso profesional.	UNEEN347/A1	22/10/1997	AENOR	10/11/1997

INSTALACIONES Y EQUIPOS DE OBRA.



_Disp. Mínimas de seg. Y salud para utilización de los equipos de trabajo.	RD 1215/97	18/07/1997	M. Trab.	18/07/1997
_MIE-BT-028 del REBT	Orden	31/10/1973	MI	27/12/1973
_ITC MIE-AEM 3 Carretillas automotoras de manutención.	Orden	26/05/1989	MIE	09/06/1989
_Reglamento de aparatos elevadores para obras.	Orden	23/05/1977	MI	14/06/1977
Corrección de errores.				18/07/1977
Modificación.	Orden	07/03/1981	MIE	14/03/1981
Modificación.	Orden	16/11/1981	P. Gob.	21/07/1986
_Reglamento Seguridad en las Máquinas.	RD 1495/86	23/05/1986	P. Gob.	21/07/1986
Corrección de errores.				04/10/1986
Modificación.	RD 590/89	19/05/1989	M.R.Cor.	19/05/1989
Modificaciones en la ITC MSG-SM-1.	Orden	08/04/1991	M.R.Cor.	11/04/1991
Modificación. (Adaptación a directivas de la CEE).	RD 830/91	24/05/1991	M.R.Cor.	31/05/1991
_Regulación potencia acústica de maquinarias	RD 245/89	27/02/1989	MIE	11/03/1989
Ampliación y nuevas especificaciones	RD 71/92	31/01/1992	MIE	06/02/1992
_Requisitos de seguridad y salud en máquinas	RD 1435/92	27/11/1992	M.R.Cor.	07/07/1988
_ITC MIE-AEM 2 Grúas. Torres desmontables para obra.	Orden	28/06/1988	MIE	07/07/1988
Corrección de errores, Orden 28-06-88				05/10/1988
ITC MIE-AEM 4 Grúas, móviles autopulsadas usadas	RD 2370/96	18/11/1996	MIE	24/12/1996

Pamplona, a 30 abril del 2014

EL INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL

JAVIER AGUIRRE MUNIAIN



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACION ELÉCTRICA EN BAJA TENSION CON
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UN TRUJAL DE
ACEITE

BIBLIOGRAFÍA

Javier Aguirre Muniain

José Javier Crespo

Pamplona, 30/04/2014



7.1. REGLAMENTO, NORMATIVAS Y LIBROS	2
7.2. PÁGINAS WEB DE EMPRESAS	3
7.2.1. Empresas de las que se han escogido los productos	3
7.2.2. Otras direcciones WEB de interés	4
7.2.3. Otras páginas de interés	4



7.1. REGLAMENTO, NORMATIVAS Y LIBROS

Para la realización del proyecto se han debido consultar los reglamentos, normativas y libros que se exponen a continuación:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre Acometidas Eléctricas. Colección de Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Colección de Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Normas UNE y recomendaciones de UNESA que sean de aplicación.
- Normas Tecnológicas de la Edificación. Código Técnico de la Edificación.
- Normas particulares de “Iberdrola distribución eléctrica”.
- Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría (UNESA).
- Instalaciones eléctricas de enlace y centros de transformación. Alberto Guerrero Fernández. Ed. McGraw-Hill.
- Instalaciones eléctricas de alumbrado e industriales. Fernando Martínez Domínguez. Ed. Paraninfo.
- Instalaciones eléctricas en media y baja tensión. José García Trasanco. Ed. Paraninfo.
- Instalaciones eléctricas en baja tensión. Narciso Moreno Alfonso. Ed. Thomson.



- Libro de DIBUJO ELÉCTRICO, de Esquemas de Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión de José Javier Crespo Ganuza e Iñaki Ustarroz Irizar.
- Catálogo de lámparas y luminarias PHILIPS.
- Catálogos de Aparamenta de BT de SCHNEIDER: Interruptores automáticos, diferenciales, armarios, bases de corriente...

7.2. PÁGINAS WEB DE EMPRESAS

7.2.1. Empresas de las que se han escogido los productos

Las páginas Web de los distintos fabricantes de los que se han escogido los distintos elementos para realizar el presente proyecto son las siguientes:

- **PHILIPS:** Lámparas y luminarias para cualquier tipo de uso o local.
<http://www.lighting.philips.com/>
- **GENERAL CABLE:** Cables eléctricos de baja, media y alta tensión para todo tipo de aplicaciones.
<http://www.generalcable.es/>
- **SCHNEIDER:** Armarios de distribución, interruptores automáticos magnetotérmicos, interruptores automáticos diferenciales, luminarias de emergencia...
<http://www.schneider-electric.com/>
- **ORMAZABAL:** Edificio prefabricado para el centro de transformación, celdas del centro de transformación y transformador de potencia.
<http://www.ormazabal.com/>
- **PEMSA:** Sistemas de bandejas metálicas para cables.
<http://www.pemsa-rejiband.com/>
- **SIMON:** Interruptores, conmutadores, conmutadores de cruzamiento, tomas de corriente...
<http://www.simon.es/>
- **VOLTIMUM:** Catálogo multimarca del sector eléctrico, con información sobre las normativas y reglamentos del mundo de la instalación.
<http://www.voltimum.com/>
- **URIARTE:** Cajas de seccionamiento y tapas de arquetas.
<http://www.uriarte.net/>
- **KLK ELECTRO MATERIALES:** Picas para la puesta a tierra.
<http://www.klk.es/>



- **INGESCO**: Pararrayos Punta Franklin.

<http://www.ingesco.com/>

7.2.2. Otras direcciones WEB de interés

- **UNESA**: Asociación Española de la Industria Eléctrica.

<http://www.unesa.es/>

- **IBERDROLA**: Genera, distribuye y comercializa electricidad y gas natural.

<http://www.iberdrola.es/>

7.2.3. Otras páginas de interés

<http://www.todoexpertos.com/>

<http://www.soloingenieria.net/>

Pamplona, a 30 abril del 2014

EL INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL

JAVIER AGUIRRE MUNIAIN